

***Pools* de nutrientes em pomares e sua relação com a incidência de
acastanhamentos internos em pera ‘Rocha’**

Ricardo Daniel Braz Mendes

Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica – Especialidade em Hortofruticultura e Viticultura

Orientador(es): Professor Doutor Domingos Paulo Ferreira de Almeida

Engenheiro Davide Duarte Cordeiro

Júri:

Presidente: Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro, Professor Auxiliar, Instituto Superior de
Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutora Cristina Maria Moniz Simões Oliveira, Professora Associada com Agregação, Instituto
Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor Domingos Paulo Ferreira de Almeida, Professor Auxiliar com Agregação, Instituto
Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

*Ao meu avô que despertou em mim
a curiosidade pela agricultura.*

*“There must be a beginning of any great matter,
but continuing unto the end until it be thoroughly finished
yields the true glory”*

*Sir Francis Drake
Lisboa, 17 Maio 1587*

Agradecimentos

Queria começar por agradecer a Deus por todas as oportunidades que me deu, assim como todas as pessoas que colocou no meu caminho, especialmente as que mais me acompanharam desde o início deste projeto final.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã que tudo deram para que chegasse aqui. Foram um pilar fundamental, sem que se apercebessem, para a conclusão deste trabalho e tudo o que tenho lhes dou graças. À minha gata que foi minha companheira nas noites mais frias e longas.

Ao Professor Doutor Domingos Almeida, por todo o apoio, atenção, amizade e dedicação neste desafio. Do princípio ao fim, foi fundamental para a elaboração desta dissertação, a qual estou certo que sem a sua ajuda não seria de todo possível.

Ao Eng. Davide Cordeiro por todo o aconselhamento e ajuda na escolha das amostras, na explicação dos mecanismos de conservação e todos os outros conhecimentos transmitidos.

À Frutalvor, Central Fruteira, C.R.L, e a todos os seus funcionários e direção, pela disponibilidade e prontidão em fornecer-me o material vegetal e apoio ao longo das minhas visitas ocasionais e curiosas.

À Doutora Mariana Mota por todos os conselhos, amabilidade na disponibilidade com que me facultou material e por todo o apoio, numa altura mais complicada da elaboração deste trabalho.

Ao Doutor Adriano Saquet pela explicação dos métodos e ensinamentos transmitidos.

À Doutora Adozinda Curto pela análise mineralógica das amostras.

Um obrigado muito especial à minha eterna mentora, a Engenheira Carla Simões por toda a amabilidade, amizade, conselhos e incentivos a finalizar este trabalho com o maior rigor possível.

A todos os professores e funcionários do Instituto Superior de Agronomia, por todos os ensinamentos, por todos os conselhos, por toda a ajuda que sempre prontamente me prestaram, e que me impulsionaram a curiosidade, a ir sempre cada vez mais longe, ao longo destes 5 anos.

Um enorme obrigado a todos os meus amigos e padrinhos académicos (Rita, Rui e João Pedro Dinis). Sem eles nunca teria conseguido terminar este trabalho, que confesso que foi mais acessível com o apoio, gargalhadas, discussões e convívios que proporcionaram. Foram o apoio necessário à galvanização desta dissertação estando sempre presentes desde a primeira à última palavra.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, o meu sincero obrigado!

Resumo

Esta dissertação examina a fertilidade de pomares e a nutrição de pereiras (*Pyrus communis*), especialmente em N, P, K, Ca, Mg e B, com a incidência de acastanhamentos internos, durante o armazenamento de pera 'Rocha'. Foi analisada a terra de 8 pomares de pereira 'Rocha' localizados nas Caldas da Rainha, Rio Maior e Cadaval e quantificados os nutrientes fornecidos pela fertilização e pela rega. Foi ainda determinando o estado nutricional das árvores através da análise foliar. A fruta proveniente de 8 pomares foi armazenada em atmosfera normal, atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica, entre setembro de 2015 e fevereiro de 2016. Os frutos foram analisados quanto à incidência e severidade de *core browning*, cavidades brancas, cavidades com necroses e *flesh browning*. Foram determinadas as exportações de nutrientes pelos frutos. Foi também analisado o teor mineral dos frutos a partir de peras sãs e lesadas com algum tipo de acastanhamento.

Os resultados revelaram que a concentração de nutrientes nas folhas e a concentração de nutrientes no solo não são covariantes. Observou-se uma correlação positiva entre incidência total de acastanhamentos internos e o teor de fósforo nas folhas, o teor de ferro nos frutos, e ainda com as quantidades de azoto fornecido pela fertilização. A incidência de acastanhamentos internos esteve negativamente correlacionada com o teor de fósforo e de magnésio nos solos e nas quantidades fornecidas pela adubação, com os teores de manganês nos solos e nas folhas, com o teor de cobre nas folhas e com o teor de sódio nos solos. A incidência de acastanhamentos internos não esteve correlacionada com os teores de cálcio e boro na matéria seca dos frutos.

Palavras-chave: acastanhamentos internos, atmosfera controlada dinâmica, fertilização, pós-colheita, *Pyrus communis*

Title: Nutrient pools in ‘Rocha’ pear orchards and their relation with the incidence of fruit internal browning disorders.

Abstract

This thesis examines the relationship between orchard soil fertility and tree nutritional status, namely regarding N, P, K, Ca, Mg and B, and the incidence of internal browning disorders in ‘Rocha’ pear (*Pyrus communis*). Soil nutrient levels were determined in 8 orchards located in Caldas da Rainha, Rio Maior and Cadaval, and quantified the amount of nutrients supplied by fertilizers and irrigation water. Leaf analysis was also done in all orchards to assess the nutritional status of the trees. Fruit were stored in air, controlled atmosphere, and dynamic controlled atmosphere, between September 2015 and February 2016. Fruits were analysed for incidence and severity of core browning, white cavities, necrotic cavities and flesh browning and their mineral concentration determined in healthy and damaged tissues. Nutrient exports by the fruit were calculated.

The concentration of nutrients in the leaves and the concentration of the nutrients in the soil were not covariates. The incidence of internal browning disorders was positively correlated with de phosphorus content in the leaves, the iron content in the fruits, the zinc content in the soils and the supplied by fertilizers. And with the amounts of supplied nitrogen. The incidence of internal browning negatively correlated with phosphorus and magnesium content in soils and supplied by fertilizers, the manganese contents in soils and leaves, the copper content in leaves and soil. The incidence of internal browning was not correlated with calcium and boron content in the fruit dry matter.

Key-words: dynamic controlled atmosphere, fertilization, post-harvest, *Pyrus communis*, internal browning.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Lista de tabelas.....	vii
Lista de figuras.....	ix
Lista de siglas e símbolos.....	x
I – Introdução	1
II – Revisão Bibliográfica.....	3
1. Cultura da pereira no mundo e em Portugal	3
1.1. A cultivar ‘Rocha’	3
2. Características edafoclimáticas da região Oeste e necessidades da pereira	5
2.1. Solo	7
3. Morfologia e fisiologia da pera.....	9
4. Necessidades nutritivas.....	10
4.1. Azoto	11
4.2. Fósforo.....	15
4.3. Potássio	18
4.4. Cálcio	21
4.5. Magnésio	28
4.6. Boro	30
5. Armazenamento e qualidade	31
6. Acidentes fisiológicos	33
6.1. Acastanhamentos internos	34
III – Material e Métodos.....	42
1. Material vegetal	42
2. Análise de solo e fertilização	43

3. Análises de água de rega	46
4. Análises das folhas e dos frutos	47
4.1. Análises de folhas	47
4.2. Medição da cor	48
4.3. Determinação da firmeza	48
4.4. Incidência a acastanhamentos internos	49
4.5. Determinação do teor de minerais	50
5. Análise dos resultados	51
IV – Resultados	52
1. Disponibilidade de nutrientes no meio edáfico	52
1.1. Análises de solo e cálculo das quantidades de nutrientes no solo	52
1.2. Fornecimento de nutrientes através da água de rega	54
2. Nutrientes nas folhas e frutos	55
2.1. Concentração de nutrientes nas folhas	55
2.2. Concentração de nutrientes nos frutos	56
2.3. Balanço global de nutrientes	58
3. Características dos frutos	60
4. Incidência de acastanhamentos internos	61
5. Correlação entre a composição mineral e a incidência de acastanhamentos internos	65
5.1. Correlação entre os resultados da análise do solo e a incidência de acastanhamentos.	65
5.2. Correlação entre os nutrientes da análise de folhas e a incidência de acastanhamentos	65
5.3. Correlação entre a quantidade total de nutrientes administrados pela adubação e a incidência de acastanhamentos	66
5.4. Correlação entre os nutrientes da análise de frutos e a incidência de acastanhamentos	67
V – Discussão	68
1. Distribuição dos frutos por pomares	68
2. Nutrição mineral e acidentes fisiológicos	71
VI – Conclusão e considerações finais	75

VII – Referências bibliográficas	77
VIII – Anexos	87

Lista de tabelas

Tabela 1 – Quantidades de azoto, fósforo, potássio e magnésio recomendadas.	12
Tabela 2 - Distribuição de azoto em árvores com excesso de vigor e equilibradas.....	13
Tabela 3 - Distribuição de fósforo em fertirrega.....	18
Tabela 4 - Distribuição de potássioem fertirrega.....	21
Tabela 5 - Distribuição de magnésio em fertirrega.....	30
Tabela 6 - Principais efeitos do etileno em produtos hortofrutícolas.	32
Tabela 7 - Acastanhamentos internos após colheita em peras	35
Tabela 8 - Informação das amostras recolhidas.....	42
Tabela 9 - Produtividade e TSS, média, e produção em matéria seca para cada pomar.....	43
Tabela 10 - Descrição dos dados obtidos das análises de solo	44
Tabela 11 - Registo de fertilização das parcelas 1, 2, 3 e 4, para o ano de 2015.....	45
Tabela 12 - Registo de fertilização das parcelas 5, 6, 7 e 8, para o ano de 2015.....	46
Tabela 13 - Resultado das análises à água de rega	47
Tabela 14 - Resultados das análises foliares efetuadas.	48
Tabela 15 - Escala de severidade para acastanhamentos internos.	49
Tabela 16 - Escala de severidade para escaldão superficial da epiderme.	49
Tabela 17 - Determinação das quantidades extraíveis de nutrientes.....	52
Tabela 18 - Cálculo das quantidades de nutrientes distribuídas nos pomares 1, 2, 3 e 4.	53
Tabela 19 - Cálculo das quantidades de nutrientes distribuídas nos pomares 5, 6, 7 e 8.	53
Tabela 20 - Comparação global das quantidades de nutrientes e as recomendações	54
Tabela 21 - Comparação dos valores totais de nutrientes distribuídos na água de rega	54
Tabela 22 - Concentração de nutrientes nas folhas de pereira Rocha	55
Tabela 23 - Resultados das análises químicas das amostras.....	56
Tabela 24 - Estimativa da exportação de nutrientes dos frutos por hectare.....	58
Tabela 25 - Determinação do total de nutrientes disponíveis	59
Tabela 26 - Balanço de entradas e saídas de nutrientes.....	60
Tabela 27 - Resultados obtidos, média e desvio padrão, das análises de cor e firmeza.	60
Tabela 28 - Severidade de acidentes fisiológicos.....	63
Tabela 29 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a quantidade estimada de nutrientes disponíveis no solo.	65
Tabela 30 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a concentração foliar de nutrientes.....	66

Tabela 31 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a quantidade estimada de nutrientes administrados pela adubação.	66
Tabela 32 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a quantidade de nutrientes presente nos frutos amostrados.	67
 Tabela A. 1 – Condições de conservação ideais e desordens e acidentes fisiológicos identificados após o respetivo tempo de conservação.	88
 Tabela B.1 - Valores de referência de macro e micronutrientes adequados em folhas	90
Tabela B.2 - Comparação dos valores obtidos pelas análises foliares com aos valores referenciados para a cultura da pereira ‘Rocha’.	91
 Tabela C.1 – Valores máximos recomendáveis e admissíveis de alguns parâmetros analisados na água de rega.....	93
 Tabela D.1 - Distribuição de valores de incidência de acidentes fisiológicos	95
Tabela D.2 - Distribuição índices de severidade de acidentes fisiológicos por tipo e por pomar.....	95
Tabela D.3 - Contagem final de frutos por amostra de pomar, consoante o tipo e a severidade de acidentes fisiológicos.....	96

Lista de figuras

Figura 1 - Evolução da produção mundial de peras entre 1993 e 2013.....	3
Figura 2 - Evolução da produção (toneladas) e da superfície total de peras	5
Figura 3 – Diagrama ombrotérmico da região de Caldas da Rainha.....	6
Figura 4 - Esquema representativo da fisiologia de frutos pomos.....	9
Figura 5 - Representação dos fatores que determinam a disponibilidade do cálcio no solo.	22
Figura 6 - Possibilidades de movimento de cálcio numa árvore de fruto	24
Figura 7 - Desenvolvimento de sintomas relacionados com desordens de cálcio.....	25
Figura 8 - Sintomas de core browning em pera Rocha, na zona nuclear	39
Figura 9 - Comparação de uma pera Rocha sã e uma pera Rocha com cavidades brancas	39
Figura 10 - Cavidades com necroses em dois frutos distintos de pera Rocha	40
Figura 11 - Fruto de pera Rocha com lesões de flesh browning	40
Figura 12 – Fruto de pera Rocha num estado de maturação avançado	41
Figura 13 – Esquema de cortes transversais em pera.....	49
Figura 14 - Concentração média de macronutrientes nas peras dos pomares amostrados	57
Figura 15 - Concentração média de micronutrientes das peras dos pomares amostrados.	57
Figura 16 - Distribuição média das firmezas determinadas.	61
Figura 17 – Incidência de acastanhamentos internos nas frutas dos pomares amostrados	62
Figura 18 - Índices de acastanhamentos internos.....	64
Figura E. 1 - Comparação da quantidade de macronutrientes do pomar 1.....	97
Figura E. 2 - Comparação da quantidade de micronutrientes do pomar 1.....	97
Figura E. 3 - Comparação da quantidade de macronutrientes do pomar 5.....	97
Figura E. 4 - Comparação da quantidade de micronutrientes do pomar 5.....	97
Figura E. 5 - Comparação da quantidade de macronutrientes do pomar 6.....	97
Figura E. 6 - Comparação da quantidade de micronutrientes do pomar 6.....	97
Figura E. 7 - Comparação da quantidade de macronutrientes do pomar 7.....	97
Figura E. 8 - Comparação da quantidade de micronutrientes do pomar 7.....	97
Figura E. 9 - Comparação da quantidade de macronutrientes do pomar 8.....	97
Figura E. 10 - Comparação da quantidade de micronutrientes do pomar 8.....	97

Lista de siglas e símbolos

AC – Atmosfera Controlada

ACD – Atmosfera Controlada Dinâmica

AN – Atmosfera Refrigerada (AR) ou Normal

ATP – Adenosina trifosfato

B – Boro

C* – Croma

Ca – Cálcio

DP – Desvio Padrão

Fe – Ferro

Fig. – Figura

h° – Ângulo de tonalidade

K – Potássio

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

MS – Matéria Seca

N – Azoto

P – Fósforo

SF – SmartFresh™

TSS – Teor em Sólidos Solúveis

Zn – Zinco

I – Introdução

A pereira (*Pyrus communis* L.) é uma das culturas fruteiras mais antigas no mundo, tendo uma grande expansão por todos os continentes. Nalgumas cultivares modernas, as peras apresentam uma elevada capacidade de conservação pós-colheita o que torna esta fruta disponível no mercado durante um longo período de tempo. Além disso, é um dos 10 principais frutos no mercado europeu, sendo apreciada por amplos estratos de populações.

Em Portugal é uma cultura tradicional e economicamente importante, sobretudo pela produção praticamente exclusiva da variedade ‘Rocha’, originária da região de Sintra. Atualmente a sua área de produção já se expandiu a toda a região do litoral Oeste tornando-se icónica e a fonte de sustentabilidade de muitos agricultores. No ano de 2015 foram produzidas cerca de 142 mil toneladas de peras em Portugal (INE, 2016), detendo a variedade ‘Rocha’ cerca de 90% da produção total nacional.

Os desafios colocados aos produtores de pera passam por produzir mais e melhor, em quantidade e qualidade. A produção passa não só pela quantidade de peras, mas pela obtenção de frutos com a qualidade pretendida, de modo a que seja possível conservar o fruto após a colheita, com as menores perdas possíveis.

Torna-se importante perceber de que modo é que as opções técnicas, como a fertilização ou a gestão da rega, influenciam a qualidade da fruta após colheita. Nos últimos anos tem ocorrido um aumento da incidência de acidentes fisiológicos, sobretudo em peras ‘Rocha’ armazenadas durante longos períodos de tempo em câmaras de atmosfera controlada. Estes acidentes limitam a duração do armazenamento, provocam perdas ou insatisfação no consumidor e criam tensões entre os agentes da cadeia de abastecimento.

Sendo assim, é importante perceber em que condições ocorrem estes acidentes, assim como é também fundamental perceber que fatores aumentam a probabilidade da sua incidência. De facto, existe relativamente pouca informação sobre as condições de aparecimento destes acidentes fisiológicos, ainda mais para esta variedade, praticamente exclusiva de Portugal. O estudo aprofundado destes problemas será sobretudo mais-valia para agricultores e centrais fruteiras, podendo a simbiose destes levar à obtenção de fruta cada mais orientada para fins específicos, seja comercialização imediata ou tipo de conservação.

Assim, este estudo teve como objetivos a caracterização mineral de pera ‘Rocha’ em diferentes parcelas da região Oeste para quantificar a sua variabilidade, e, procurar eventuais correlações entre

a composição mineral dos frutos e a ocorrência de acastanhamentos internos, durante o armazenamento.

Neste estudo foram comparadas várias amostras de diversas parcelas de dois produtores e averiguou-se a relação da incidência de acastanhamentos internos com a fertilização realizada ao longo de todo o ano até à data de colheita e com as disponibilidades de nutrientes nos solos dos pomares. Foi também correlacionado a incidência de acastanhamentos com os teores nutricionais nas folhas e nos frutos desses pomares.

Com isto pretende-se perceber a relação dos acastanhamentos internos quando as peras são armazenadas em atmosfera controlada, assim como a relação que têm estes fatores no tipo e percentagem de incidência destas desordens internas.

1. Cultura da pereira no mundo e em Portugal

A pereira pertence à família das Rosáceas, subfamília das Pomóideas, género *Pyrus* e espécie *Pyrus communis* L.. A cultura da pera tem uma enorme importância a nível mundial. Segundo os dados da FAOSTAT (2016) a produção mundial de pera tem tido um aumento de volume de produção de 1993 a 2013 (Figura 1), tendo alcançado neste último ano, na totalidade das variedades, cerca de 25,2 milhões de toneladas.

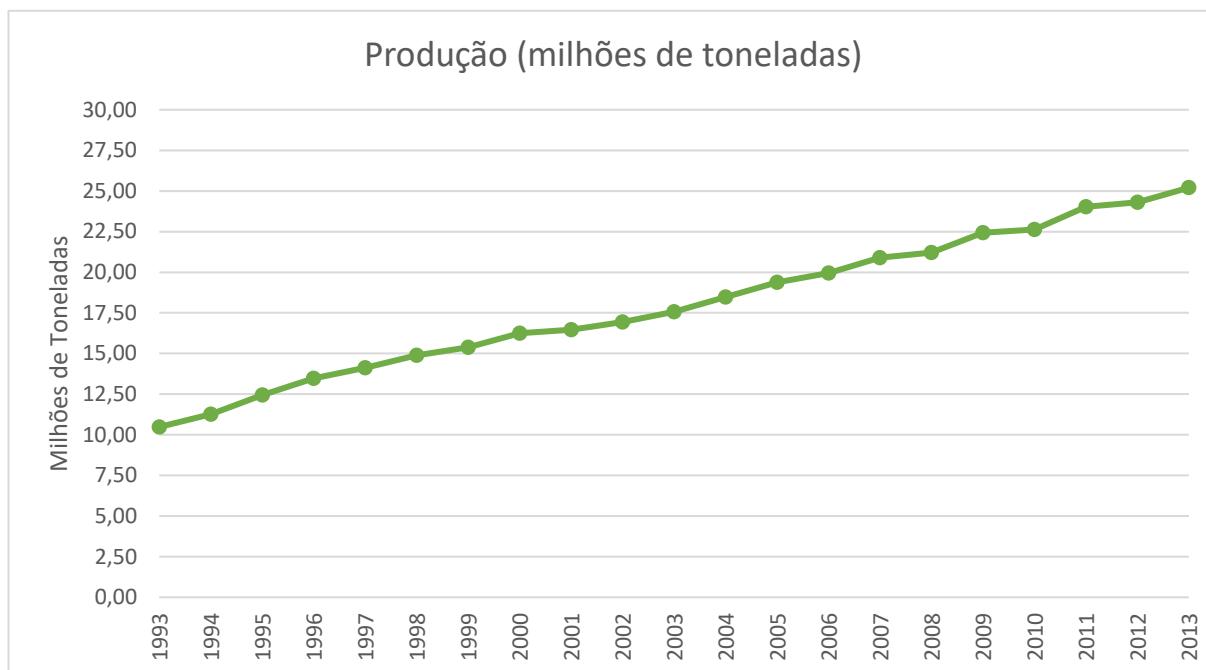


Figura 1 - Evolução da produção mundial (10⁶ toneladas) de peras entre 1993 e 2013 (Fonte: FAOSTAT).

As cultivares de pereira podem agrupar-se, conforme a época de maturação, em cultivares de verão e em cultivares de outono e inverno. Alguns exemplos de cultivares de verão são a ‘Beurré Précoce Marettini’, ‘D. Joaquina’, ‘Clapp’s Favourite’, ‘William’s’ e ‘Rocha’. Um exemplo de cultivar de inverno é a ‘Doyenné du Comice’.

1.1. A cultivar ‘Rocha’

A cultivar ‘Rocha’ foi identificada pela primeira vez em 1836 em Sintra. É atualmente cultivada em toda a região Oeste, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis à sua produção diferenciada. Existe atualmente uma denominação de origem protegida “Pera Rocha do Oeste” reconhecida pela União Europeia (DOOR, 2016) que requer esta cultivar e o *terroir* da região Oeste. O seu cultivo abrange uma região desde Sintra até Alcobaça, sendo os principais concelhos produtores Cadaval, Bombarral, Torres Vedras, Caldas da Rainha, Alcobaça, Lourinhã, Óbidos e Mafra. Em Portugal produz-se ainda no

Alentejo, Trás-os-Montes, Minho e Beira Interior, mas em menor quantidade do que na região Oeste; estas regiões representam apenas *ca.* 4% da produção nacional (INE, 2016). Cerca de 99% da produção mundial desta cultivar provém de Portugal, sendo que mais especificamente, 95% se localiza na região Litoral Oeste do continente (ANP, 2016).

A pera 'Rocha' tem características específicas que a diferenciam: a forma característica, a cor amarela quando madura, com carepa concentrada na zona do pedúnculo, mantendo uma polpa crocante quando em verde, num estado edível, mas simultaneamente fundente quando amadurece. O fruto desta variedade mantém as suas características, mesmo quando atinge a coloração amarela, o que justifica a excelente capacidade de conservação e transporte, aliada a um elevado tempo de permanência no ponto de venda, sem perda de qualidade (Soares *et al.*, 2001).

É uma cultura que apresenta aspetos económicos positivos tanto a nível regional como nacional, estando presente, com expressão no mercado externo desde a década de 90 do séc. XX (GPP, 2010). De facto, a crescente importância na economia nacional levou à atribuição de Denominação de Origem Protegida (DOP) a esta variedade, tornando este produto ainda mais único e valorizado. O respetivo caderno de encargos foi redigido pela Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha (ANP), sendo a responsável pelo parecer europeu quanto à certificação. Esta é assegurada pelo organismo privado de certificação CODIMACO.

Sendo um produto certificado apresenta uma quota importante. Entre 2000 e 2009, esta variedade representou cerca de 40% do total da produção de pera, sendo o produto com maior quota de certificação. Segundo o Gabinete de Planeamento e Políticas (GPP, 2010) as exportações duplicaram o seu valor nesse período, atingindo os 45 milhões de euros, em 2009.

Atualmente, a cultura da pera 'Rocha' em Portugal mantém o estatuto de fruta nacional mais exportada, tendo um saldo positivo na balança comercial. Segundo o INE (2015), em 2014 houve a produção de 210 mil toneladas de peras, das quais está incluída a variedade 'Rocha', distribuídas por uma superfície total de cerca de 12 mil hectares. Desta produção foram exportadas 140.540 toneladas de peras, a um valor total de 89.393 milhões de euros. Segundo o INE (2016), em 2015 a superfície total aumentou ligeiramente, mas a produção total de peras diminuiu para cerca de 141 mil toneladas. Registou-se uma quebra de produção (-32,8%) relativamente a 2014, resultado da falta de qualidade dos gomos florais, sobretudo em pomares com excesso de produção no ano anterior, e das condições meteorológicas adversas na fase de plena floração e vingamento. Na colheita verificou-se o aparecimento de muita fruta com sintomas de estenfiliose, o que inviabiliza a comercialização e armazenamento dos frutos. Verificou-se um aumento da percentagem de peras de calibre superior (INE, 2016).

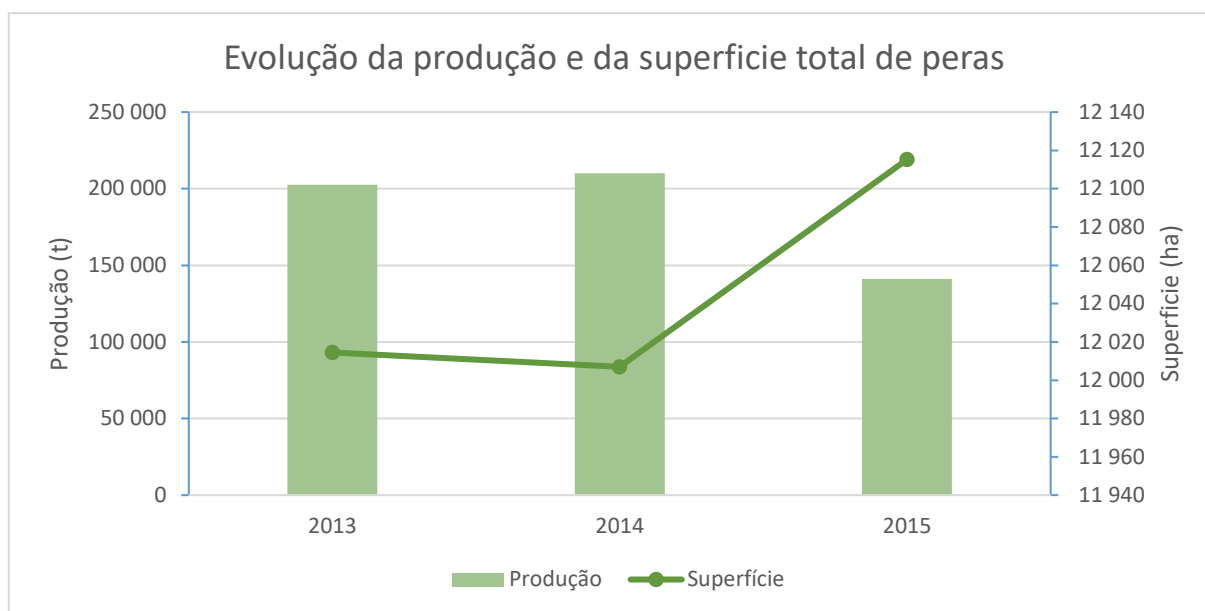


Figura 2 - Evolução da produção (toneladas) e da superfície total (hectares) de peras em Portugal, entre 2013 e 2015 (Fonte: INE, 2016).

Para além dos resultados económicos, a cultura mantém hábitos de consumo elevados da população nacional, visto que relaciona este produto a uma imagem de tradição e saúde, assim como o conhecimento e exigência de produtos certificados com garantia de qualidade (Comporta, 2010)

2. Características edafoclimáticas da região Oeste e necessidades da pereira

O clima em Portugal é o resultado de uma interação do clima continental provindo do norte da Europa, do clima mediterrâneo proveniente a Oeste da Península Ibérica e da influência marítima do oceano atlântico, a Este. De uma forma geral podemos caracterizar o clima anual por invernos frescos e húmidos e verões quentes e secos, pertencendo à classe Csb de Köppen. Segundo a classificação de Thorntwaite, o clima da região é C1S, ou seja, sub-húmido com chuva deficiente no verão (PDAR, 1992 cit in Cordeiro, 1998).

A Região Oeste é caracterizada por ter um clima moderadamente chuvoso, com cerca de 600 a 700 mm de precipitação anual. Relativamente à temperatura podemos considerar um clima temperado, sendo que a temperatura média anual do ar se situa entre os 15 e os 16° C. A influência oceânica faz-se notar na faixa litoral até cerca de 10 km da costa, quanto à amplitude média de variação anual. É uma região com um número reduzido de dias de geada, com particularidade de quase inexistência no período de plena floração da pereira (março/abril). As orientações técnicas apontam para um período de geada de inícios de novembro até inícios de março. A existência de nebulosidade, ou dias encobertos, corresponde a uma insolação média de 2400 a 2500 horas. É também um clima regional húmido, registando uma humidade relativa do ar elevada a variar entre 75 a 85%, resultado

da influência marítima, dos ventos dominantes e pelas neblinas noturnas sobretudo no período estival (Soares *et al.*, 2001).

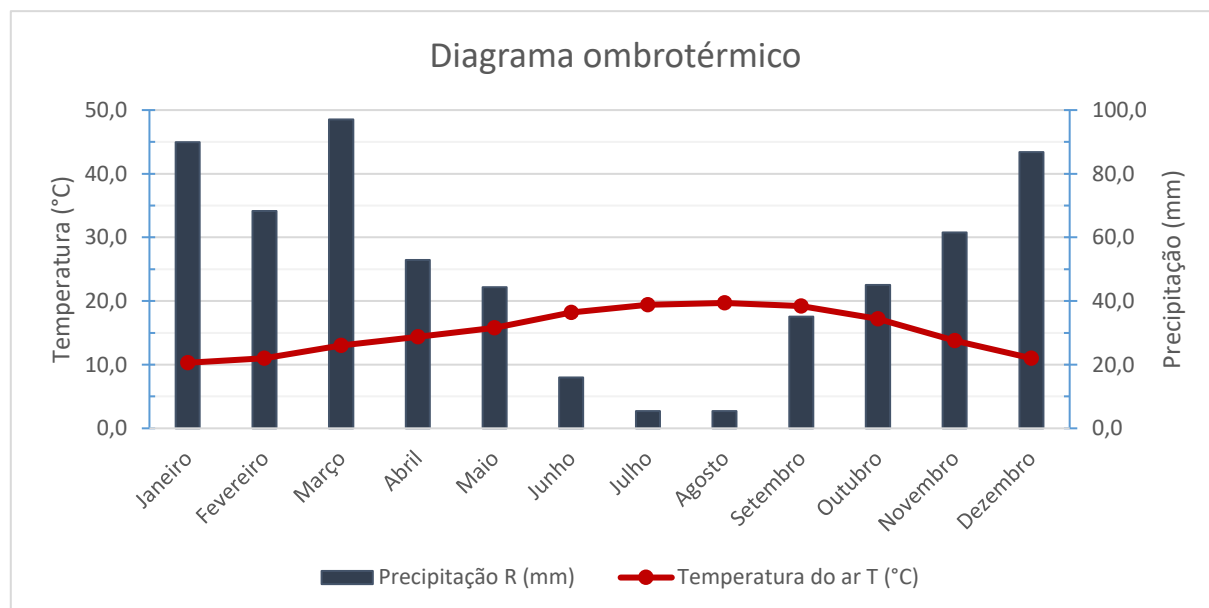


Figura 3 – Diagrama ombrotérmico da região de Caldas da Rainha, entre os períodos de 1936 e 1960 (Fonte: Ferreira, 1965).

O período de déficit hídrico num ano normal, no qual a evapotranspiração potencial excede a precipitação, é entre abril e outubro (Figura 3).

Segundo Soares *et al.* (2001), a suavidade climática do Oeste por vezes apresenta alguns inconvenientes, tais como a falta de frio invernal, que provoca nas árvores uma rebentação e floração muito irregulares e prolongadas. Outro aspeto desfavorável é a própria humidade relativa elevada e a pluviosidade frequente após o abrolhamento, que originam condições favoráveis a doenças às quais a variedade é suscetível, como a estenfiliose e o pedrado.

Para a ocorrência de um bom vingamento nas fruteiras é necessário, entre outros fatores, a acumulação de um número adequado de horas de frio. A pereira 'Rocha' é medianamente exigente em horas de frio para a quebra da dormência invernal, necessitando de cerca de 550 horas de frio, tendo como base, temperaturas entre 0 °C e 7 °C, entre 15 de outubro, normalmente a queda das folhas, e 15 de fevereiro. Para além deste fator, são também importantes as condições climáticas do mês de abril, sendo este normalmente chuvoso, com nortadas e por vezes acompanhado de temperaturas baixas e com pouca amplitude térmica (Soares *et al.*, 2001). Nalguns casos, é possível que haja a quebra de dormência com valores de horas de frio abaixo do referenciado, uma vez que a falta de frio invernal pode ser atenuada ou ligeiramente compensada por chuvas abundantes entre dezembro e fevereiro. Nestas situações a plena floração ocorre em meados de abril (Soares *et al.*, 2001).

Em 2015 verificaram-se condições meteorológicas adversas à cultura no período de plena floração e vingamento, sobretudo precipitação abundante e baixas temperaturas, o que conduziu à queda abundante e prematura de frutos recém vingados.

2.1. Solo

Na região Oeste, a pereira ocupa preferencialmente terrenos de várzea e os próximos das linhas de água, onde os solos são franco-argilosos. O pH varia entre os 6 e 7,5 (Soares, 2001). Nalguns locais, as zonas de meia encosta têm um efeito positivo no desenvolvimento das árvores, conseguindo-se um gradiente térmico positivo, em comparação com certas várzeas frias, húmidas, com má drenagem atmosférica e solos asfixiantes.

O substrato rochoso da região consiste predominantemente em rochas sedimentares do Triássico, principalmente margas variegadas, gipsíferas e calcários (Soares, 2001).

Os fenómenos de pedogénese contribuem também para o perfil dos solos segundo dois processos distintos que atuam alternadamente. O primeiro na estação fria e chuvosa é determinado por fenómenos de podzolização com lavagem acentuada das camadas superiores e o segundo na estação quente e seca, onde o efeito intenso do calor e da evaporação provoca desidratação das camadas superiores do solo, criando condições de aridez que contrariam o fenómeno de podzolização pela inversão do processo de lavagem.

De um modo mais específico as decisões de instalação e manutenção de um pomar de 'Rocha' dependem de um conjunto de características físicas no solo. A pereira pode adaptar-se a diversas texturas do solo, mas prefere solos argilosos. Quando enxertada em marmeleiro (*Cydonia oblonga* Miller) prefere sobretudo argilo-arenosos e argilo-limosos. A pereira não se adapta a solos com predominância de materiais grosseiros e ausência de argilas, sendo, portanto, de excluir os solos arenosos para qualquer tipo de variedade ou porta-enxerto da pereira (Soares, 2001). Quanto à estrutura, é fundamental um solo estável e poroso de modo a que ocorra drenagem natural e haja arejamento, permitindo a oxidação das raízes e a resistência a longos períodos de saturação do solo. Deve também ter alguma permeabilidade para que possa haver o crescimento e desenvolvimento de novas raízes nos espaços intersticiais (Soares, 2001).

Nos terrenos onde se instala o pomar é importante que não existam condições de asfixia radicular, visto que a pereira é bastante suscetível a estes problemas. Para além das condições climáticas, da topografia e da estrutura do solo, a drenagem natural também está dependente da posição e profundidade do lençol freático, que pode ser permanente e estático ou variável de acordo com a subida do nível dos cursos de água ao longo do ano. Depende também da presença de camadas

impermeáveis em profundidade, algo recorrente das colinas do Oeste, e que nestas condições provocam uma acumulação de água nas raízes (Soares, 2001).

Como já referido, estas condições de asfixia radicular devem ser evitadas, ou no mínimo, atenuadas com a utilização de porta-enxertos resistentes.

Para um bom desenvolvimento radicular das fruteiras é necessário que haja uma camada arável com espessura mínima de 1 metro. Quando inferior a este valor, mas superior a 0,5 metros, a plantação deve ser condicionada, podendo ser utilizadas técnicas complementares como a armação do terreno em camalhões, para aumentar o volume de terra disponível e a profundidade do solo utilizável (Soares, 2001).

Quanto à exposição podemos considerar os terrenos planos, as exposições a Sul e a Nascente como as mais favoráveis à cultura da pereira.

Sendo a pereira bastante exigente em potássio, os solos desta região surgem vocacionados para a produção desta cultura, sendo possível ultrapassar os problemas de asfixia radicular com a técnica de enxertia em porta-enxertos tolerante, como é o caso do marmeleiro. (Soares *et al.*, 2001)

É necessário ter em conta a presença de calcário ativo no solo, visto ser uma cultura bastante suscetível. A presença deste fator leva ao aparecimento de cloroses férricas, facilmente visíveis pelo amarelecimento do limbo entre as nervuras das folhas jovens em desenvolvimento. Em situações avançadas, provoca o enfraquecimento e paragem prematura de crescimento dos ramos e frutos, levando a perdas graves na produção (Soares, 2001). É possível corrigir este problema com métodos físicos muito dispendiosos e onerosos, sendo que raramente são efetuados. Em alternativa, é possível atenuar este efeito com o uso de certos porta-enxertos, no entanto é importante ter em conta as particularidades de cada um. No uso de porta-enxertos mais resistentes ao calcário, como do tipo franco ou seleções, a densidade de plantação terá que ser menor, visto o vigor da árvore ser mais elevado (Soares, 2001).

Relativamente à salinidade, deve ser considerada a utilização de solos com valores de sódio inferiores a 6% da capacidade de troca catiónica (CTC), sendo o ideal valores abaixo de 3%. Caso os valores estejam entre 6 e 9%, pode realizar-se uma correção permanente com óxido de cálcio, através do sistema de rega ou em aplicação direta de gesso ao solo. Valores de sódio acima de 9%, ou em presença dominante relativamente aos outros catiões, impossibilitam e inviabilizam qualquer plantação, independentemente dos porta-enxertos ou técnicas utilizadas (Soares, 2001)

3. Morfologia e fisiologia da pera

O fruto da pereira, a pera, é um pomo proveniente de ovário ínfero. O ovário é revestido externamente pela úmbrula, uma estrutura formada na parte superior do pedúnculo, e o pedicelo que inclui um ovário sincárpico composto por cinco carpelos fechados. O pomo é coroado pelo cálice persistente ou marcescente, que rodeiam a fossa apical, onde nos frutos mais recentes ainda se consegue notar os estames e estilete. Podemos ainda designar as peras, as maçãs e os marmelos, como pomos baciformes (Vasconcellos, 1969).

Consideram-se três secções no fruto: a casca, a polpa e o núcleo. Anatomicamente a casca é composta pela epiderme, podendo também ser considerados os vestígios dos estames, estiletes e sépalas da região apical do fruto. A região da polpa engloba o córtex e a os feixes vasculares. Estes delimitam a zona nuclear, de onde fazem parte as sementes (Figura 4) (Dennis, 1996).

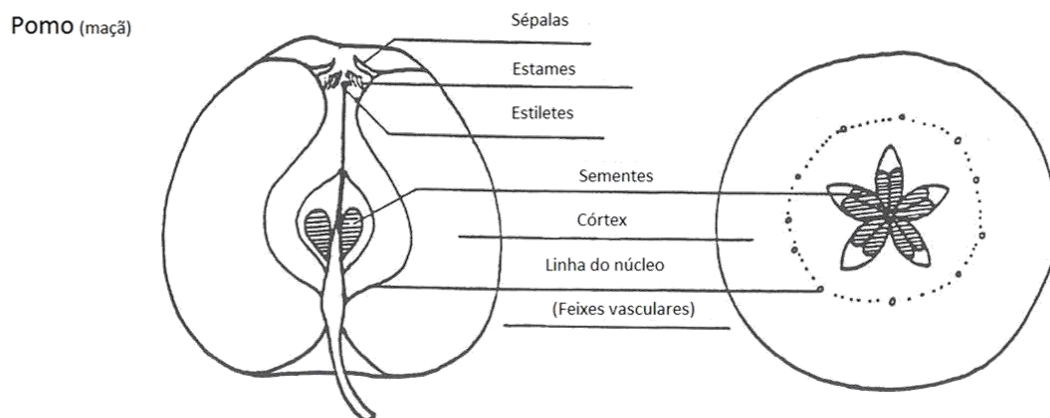


Figura 4 - Esquema representativo da fisiologia de frutos pomos (Dennis, 1996).

É característico de algumas variedades de pereiras, como a 'Rocha', 'Passe Crassane', 'Beurré Hardy', 'Conférence' ou 'Fertility', originar frutos por partenocarpia (Luckwil, 1954; Avelar do Couto, 1979), i.e., o desenvolvimento do ovário sem ocorrência de fecundação originando frutos desprovidos de sementes (Westwood, 1978; Barros, 1985). Segundo Avelar do Couto (1979), a partenocarpia pode ser de origem genética ou induzida, em determinadas plantas, por agentes químicos e físicos, como a temperatura. A aplicação de hormonas vegetais, como as giberelinas, favorece a partenocarpia (Avelar do Couto, 1979). Verifica-se que as cultivares partenocárpicas na época de floração apresentam uma concentração em auxinas mais elevada do que as cultivares que apresentam frutos com semente (Westwood, 1978), e portanto, é provável que seja este facto responsável pelo crescimento dos frutos na ausência de fecundação (Sedgley & Griffin, 1989).

Os feixes vasculares, que transportam água, nutrientes e fotoassimilados, estão distribuídos de forma radial, em torno do núcleo. Os feixes vasculares iniciam-se na fossa apical e englobam toda a região nuclear.

Quanto à fisiologia do amadurecimento, a pera é um fruto climactérico (Almeida *et al.*, 2007) e normalmente, exige alguma exposição ao frio para amadurecer normalmente. Esta exposição ao frio pode ser substituída pela aplicação exógena de etileno (Mitcham & Mitchell, 2002; Almeida *et al.*, 2007; Gamrasni *et al.*, 2010; Pasquariello *et al.*, 2013). No entanto, a pera 'Rocha' pode amadurecer normalmente sem exposição ao frio, como foi demonstrado por Saquet & Almeida (2017).

4. Necessidades nutritivas

De modo a atingir os objetivos de produtividade e manutenção dos pomares mais sofisticados de pera, é necessário garantir um bom estado nutricional do material vegetal. Tanto os nutrientes aplicados ao solo como os nutrientes armazenados na árvore são importantes na formação, funcionamento e desenvolvimento dos pomares. A produtividade e o crescimento anual são aspetos influenciados diretamente pelas condições nutritivas da cultura, que por sua vez, são dependentes da gestão do pomar, da fertilização e das condições de crescimento do ano anterior (Hart *et al.*, 1997).

Quelhas dos Santos (2015) define nutrição vegetal como “o conjunto de fenómenos através dos quais a planta retira do meio que a rodeia as substâncias que são necessárias ao seu metabolismo e, como consequência, ao seu crescimento e produção”.

As quantidades de nutrientes necessários dependem do estado vegetativo do pomar. A observação do crescimento anual dos lançamentos, da carga à poda, do tamanho e da cor das folhas, e do tamanho dos frutos permite avaliar mais facilmente as necessidades nutritivas (Hart *et al.*, 1997). As análises foliares em pomares em plena produção, permitem avaliar a quantidade de nutrientes adequada, em excesso ou em carência.

Por outro lado, na instalação de um pomar, é recomendado recolher e avaliar amostras de solo de modo a perceber não só os teores de nutrientes disponíveis como as características do meio que possam afetar o ciclo destes nutrientes. É também neste período de instalação que devem ser feitas as correções e fertilizações de fundo, sobretudo dos nutrientes menos móveis e com maior importância no estabelecimento das culturas, como o fósforo e potássio.

Em pomares instalados é importante coordenar o período de aplicação de nutrientes com as condições meteorológicas, com o intuito de maximizar a eficácia da fertilização, nomeadamente no que respeita ao azoto.

Na aplicação de fertilizantes em pomares é importante a relação de todos estes fatores assim como a vertente económica. O modo de proteção integrada tem como base o uso sustentável dos fertilizantes a nível económico, social e ecológico. É um princípio base da proteção integrada “redução, ao mínimo, das intervenções fitossanitárias nos ecossistemas agrícolas e agro-florestais” (Decreto-lei 256/2009, de 24 de setembro).

Apesar da importância global e da relação entre todos os macro e micronutrientes, o enfoque deste estudo será sobretudo nos nutrientes que estão mais relacionados com a qualidade e capacidade de conservação dos frutos, nomeadamente os macronutrientes principais, azoto, fósforo, potássio e ainda no cálcio, magnésio e no boro.

4.1. Azoto

O azoto é o elemento que mais frequentemente limita a produção das culturas. O seu comportamento no solo é diferente dos outros nutrientes, sendo muito móvel na forma de nitrato, e esta é a forma mineral que é principalmente absorvida pelas plantas. As formas não assimiláveis estão fundamentalmente ligadas à matéria orgânica (MO) e a mineralização da MO existente liberta azoto que fica disponível para as plantas; a taxa de mineralização depende de fatores como a temperatura, o teor de humidade e o arejamento do solo (INIAP, 2006). As formas minerais de azoto no solo são muito diminutas, representando 2-5% do total, estando distribuídas por diversas combinações químicas. A restante percentagem refere-se às formas orgânicas (Quelhas dos Santos, 2015).

O azoto tem um efeito determinante no crescimento, mas também na indução e diferenciação floral (Soares *et al.*, 2003). O crescimento primaveril das pereiras depende sobretudo das reservas de azoto na sua estrutura (Oland, 1959; Taylor, 1967; Titus & Kang, 1982; Sanchez & Righetti, 1990). Na pereira é possível encontrar azoto armazenado, sobre diversas formas, em todos os órgãos como gomos, ramos, troncos, raízes e pernas. Deste modo existe uma relação direta entre a quantidade de reservas de azoto e o crescimento da pereira, a floração, o vingamento, a multiplicação celular a seguir à queda das pétalas, o engrossamento do fruto, o calibre final à colheita, a qualidade do fruto e a conservação (Soares *et al.*, 2003).

A quantidade destas reservas na cultura varia sobretudo com a idade das árvores e do pomar. A maior percentagem de azoto encontra-se nas árvores jovens diminuindo com o aumento da idade, inversamente ao teor de celulose, que aumenta (Soares *et al.*, 2003). Segundo o mesmo autor, numa árvore adulta 50% do azoto está presente nas folhas, com possibilidade de alguma reciclagem no pomar. Da percentagem restante, 30% poderá ficar armazenado na estrutura da pereira e 20% é exportado do pomar, pelos frutos à colheita.

A quantidade de azoto armazenado sob a forma de reservas depende do período em que as fertilizações são realizadas assim como das quantidades e das formas disponíveis para a planta. Deste modo, é necessário entender a movimentação interna do azoto de acordo com o ciclo da cultura. Iniciando o ciclo na primavera, desde o abrolhamento dos gomos até à queda das pétalas, o azoto desloca-se dos órgãos de armazenamento (raízes, tronco e ramos) no sentido dos órgãos vegetativos mais recentes (gomos, flores, folhas dos esporões e verdascas). Cerca de 70 a 90% das necessidades nutricionais da pereira até ao fim da floração são satisfeitas pelo azoto armazenado (Soares *et al.*, 2003). Durante o período vegetativo a atividade radicular intensifica-se o que leva a maior absorção de azoto sob as formas de nitrato (NO_3^-) e amónio (NH_4^+). Este é depois transferido para as folhas, de onde é translocado das folhas mais velhas para as mais recentes da extremidade dos lançamentos. Simultaneamente pode ocorrer a transferência do azoto das folhas para os ramos que as suportam. (Soares *et al.*, 2003). No período outonal, até à fase de senescência foliar, ocorre a transferência de azoto das folhas para os órgãos lenhosos.

Compreendendo o ciclo do azoto é necessário determinar as quantidades e o modo de aplicação do adubo azotado ao pomar.

É necessário avaliar o consumo das árvores e as perdas de azoto por arrastamento, a infiltração profunda devido a chuvas ou regas, as perdas para atmosfera da fração amoniacal, e desta ter em conta a percentagem que se transforma em amoníaco não aproveitável ou que se perde por desnitrificação (Soares *et al.*, 2003).

Tabela 1 – Quantidades de azoto (N), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O) e magnésio (Mg) recomendadas para pomares em produção (kg ha^{-1}), com base nos resultados da análise foliar e na produção esperada (LQARS, 2006).

Produção esperada t ha^{-1}	Azoto (N, kg ha^{-1})			Fósforo (P_2O_5 , kg ha^{-1})	Potássio (K_2O , kg ha^{-1})	Magnésio (Mg, kg ha^{-1})
	Insuficiente (a)	Suficiente (a)	Elevado (a)	Suficiente (a)	Suficiente (a)	Suficiente (a)
< 20	21 - 30	0 - 20	0 - 10	10	30	5
20	31 - 40	20 - 30	0 - 15	10	40	5
40	51 - 60	30 - 50	0 - 25	20	75	10
60	71 - 80	50 - 70	0 - 35	30	110	20
> 60	81 - 90	70 - 80	0 - 40	60	130	30
(a) - Níveis de nutrientes considerados adequados em folhas do terço médio dos lançamentos do ano na época usual de colheita						

A absorção inicial de azoto por parte das raízes inicia-se no fim da queda das pétalas, sendo o período após colheita a fase mais importante de administração de azoto para eventual correção de carências sem alteração da relação do N/Ca (Soares *et al.*, 2003).

Para uma produtividade média de 40 t ha⁻¹, e um nível considerado adequado de azoto foliar, devem ser aplicados 30 a 50 kg de azoto por hectare, em pomares em produção (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Em pomares em entrada de produção (até aos 5 anos após a plantação) é necessário aplicar quantidades mais precisas de azoto (Tabela 2).

A distribuição do material azotado depende do estado fenológico da pereira, sendo que a sua aplicação é normalmente repartida por diversas fases. Em situações de bom estado nutricional, caso as reservas de azoto nos órgãos sejam suficientes após a colheita do ano anterior, o número de aplicações de adubo deve ser o mínimo possível, sobretudo antes do abrolhamento dos gomos e no período até à queda das pétalas do ano seguinte (Soares *et al.*, 2003).

Tabela 2 - Distribuição de azoto em árvores com excesso de vigor e equilibradas (adaptado de Soares et al., 2003).

Estado fenológico	Nº de dias	Em árvores com excesso de vigor		Em árvores equilibradas	
		Azoto (%)	Quantidade de azoto (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Azoto (%)	Quantidade de azoto (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Início da rebentação	-30 a -15	1	0,7 - 0,9	1	0,7 - 0,9
Floração	-15 a 0	4	2,8 - 3,6	1,5	1,05 - 1,35
	0 a 10	6	4,2 - 5,4	3,5	2,45 - 3,15
1ª Fase de crescimento do fruto (multiplicação celular)	10 a 20	12	8,4 - 10,8	8	5,6 - 7,2
	20 a 40	13	9,1 - 11,7	13	9,1 - 11,7
Indução floral - 2ª Fase de crescimento do fruto (alongamento celular)	40 a 55	11	7,7 - 9,9	14	9,8 - 12,6
	55 a 70	10	7,0 - 9,0	16	11,2 - 14,4
	70 a 85	9	6,3 - 8,1	10	7,0 - 9,0
	85 a 100	7	4,9 - 6,3	7	4,9 - 6,3
Maturação comercial	100 a 115	5	3,5 - 4,5	5	3,5 - 4,5
Pós-Colheita (acumulação de reservas para o início do ciclo produtivo - vegetativo)	115 a 130	4	2,8 - 3,6	4	2,8 - 3,6
	130 a 145	8	5,6 - 7,2	9	6,3 - 8,1
	145 a 160	6	4,2 - 5,4	6	4,2 - 5,4
	160 a 175	4	2,8 - 3,6	2	1,4 - 1,8

Em situações de carência moderada de azoto ocorre um fraco desenvolvimento vegetativo, com ramos mais longos e de menor grossura, dificultando a formação de gomos florais. As folhas podem apresentar dimensões inferiores ao normal, assim como uma coloração mais verde pálida e verde amarelada (Soares *et al.*, 2003; Bright, 2005). Os sintomas de clorose nas folhas aparecem inicialmente nas folhas mais velhas, o que permite distinguir esta deficiência de azoto de outros nutrientes, como o enxofre (Quelhas dos Santos, 2015). Situações de carência pós-colheita podem induzir a formação de etileno e ácido abscísico na árvore, originando uma senescência foliar precoce. Esta queda resulta na quebra de hidratos de carbono armazenados pela árvore, devido à redução do volume foliar, e consequente quebra da capacidade fotossintética. Apesar de não ter um efeito direto na colheita desse

ano, o ciclo cultural seguinte é influenciado, sobretudo pelo aumento do intervalo de tempo em que decorre a floração, uma menor taxa de vingamento e maior vulnerabilidade a quedas fisiológicas imediatamente após vingamento (Soares *et al.*, 2003).

No entanto o excesso de azoto apresenta igualmente inconvenientes. Doses elevadas de azoto dão origem a uma forte resposta vegetativa com emissão de ramos-ladrões. Este excesso de vigor, origina um surto de novas rebentações tardias. Em anos de falta de frio invernal, a queda das folhas pode terminar apenas em dezembro. Nestas condições, a lenhificação dos tecidos da madeira dos ramos é mais demorada e dificultada. Por outro lado, a manutenção das folhas para além do período normal da queda atrasa a entrada em dormência dos gomos da árvore e complica a acumulação das horas de frio abaixo dos 7 °C. O excesso de vigor leva também ao aumento da probabilidade de ensombramento do interior do copado, levando a uma menor indução floral. As futuras inflorescências (corimbos) apresentam flores mais pequenas e de pior qualidade, com efeitos negativos no vingamento do ano seguinte (Soares *et al.*, 2003).

Nestas situações de excesso de vigor é necessário proceder a podas em verde, de modo a eliminar os ramos ladrões ou permitir o arejamento do copado. Ao despontar estimula-se a ramificação e assegura-se uma melhor iluminação da copa. O excesso de azoto, antes e após a floração, reduz o vingamento das flores e acentua a queda fisiológica das peras recém-vingadas, devido à forte atividade meristemática dos gomos terminais, que formam novos lançamentos (Soares *et al.*, 2003). Ocorre um desequilíbrio hormonal e nutricional, pois os elementos minerais e compostos orgânicos são relocados para estes meristemas. O calibre dos frutos aumenta com o excesso de azoto, em situações em que não haja carência de outros elementos ou a presença de fatores limitantes. Na proximidade da colheita, as adubações azotadas permitem que as peras mantenham a cor verde na árvore por períodos alongados, retardando a colheita (Soares *et al.*, 2003).

No entanto o aumento do teor de azoto nos frutos origina problemas de armazenamento e conservação, diminuindo a qualidade das peras. Os valores da dureza da polpa destes frutos de maior calibre diminuem em cerca de 0,5 a 1 kgf, relativamente aos frutos de menor calibre, e, portanto, são menos consistentes. O teor em sólidos solúveis (TSS), pode diminuir 0,5% em média. Há também perdas na acidez e nos compostos voláteis, sendo afetadas as características organoléticas específicas da variedade 'Rocha' (Soares *et al.*, 2003).

O aumento do teor de azoto desequilibra a razão entre nutrientes, mais especificamente, a relação azoto/cálcio (N/Ca). O aumento dos níveis de azoto está normalmente associado a uma diminuição dos níveis de cálcio. Quando a relação N/Ca aumenta, a taxa respiratória aumenta com incremento de etileno endógeno das peras, com consequente respiração e senescência. Desta forma, o

amadurecimento da polpa junto das sementes é antecipado e a fruta adquire sintomas de sorvamento (amarelecimento no interior dos frutos devido a processos fermentativos) mais cedo. Estes fenómenos são responsáveis pela perda da capacidade de conservação da pera. Nestas condições, são elevadas as perdas de água por engelhamento da epiderme e do pedúnculo, com evidentes perdas de água (Soares *et al.*, 2003).

Em relação a patologias, os frutos ricos em azoto são mais suscetíveis a ataques de fungos do género *Gloeosporium* spp., *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata* e *Botrytis cinerea*. Há também maior suscetibilidade para o aparecimento de acidentes fisiológicos durante a formação do fruto. Até certo ponto, os excessos de azoto nas plantas podem ser contrariados pelo aumento da absorção de potássio, favorecendo a síntese de glícidos, aumentando a resistência às pragas e doenças, ao frio e à secura das plantas (Quelhas dos Santos, 2015).

4.2. Fósforo

O fósforo não representa mais que 10% das necessidades internas da pereira (Soares *et al.*, 2003) no entanto tem variadas funções como componente dos ácidos nucleicos, fosfolípidos, ácido fítico e coenzimas, assim como é fundamental pelos metabolitos que armazenam a energia química celular, nomeadamente, o monofosfato (AMP), difosfato (ADP) e trifosfato (ATP) de adenosina.

Em termos fisiológicos, tem uma ação positiva sobretudo na floração, com um aumento do teor de nutrientes nos gomos florais desde o abrolhamento até à plena floração. Segundo Soares *et al.* (2003), níveis elevados nas folhas originam uma maior indução floral e melhor qualidade das flores, excetuando outros fatores limitantes.

O fósforo é um elemento que se encontra no solo em relativa abundância em condições neutras a ligeiramente alcalinas, ou seja, pH acima de 6,5 (Soares *et al.*, 2003). No entanto, em situações de extrema basicidade (pH acima de 8.0) ou excesso de calcário, poderá ficar retido no complexo do solo sob formas insolúveis. Em solos ácidos ocorre a reação com o alumínio, manganês e ferro, livres, originando a insolubilidade do fósforo. De um modo geral podemos considerar o fósforo como um elemento pouco móvel no solo, pelo que se aumenta a importância numa adubação de fundo ao longo das linhas de rega antes da plantação do pomar.

A presença de matéria orgânica no solo facilita a nutrição fosfatada, permitindo a penetração do ácido fosfórico até às camadas mais profundas e melhorando a disponibilidade do fósforo no solo. Aumenta assim a disponibilidade do fósforo ao alcance das raízes e potencia a absorção deste nutriente. Os extratos de húmus aumentam a solubilidade do fósforo devido a 3 fatores (Soares, 2001):

1. Formação de complexos fosfo-húmicos, mais facilmente assimiláveis;
2. Substituição do ião fosfato pelos humatos no complexo de troca do solo;
3. Envolvimento de partículas de sesquióxido por húmus, reduzindo a capacidade do solo em fixar o ião fosfato.

A disponibilidade de fósforo no solo é também consequência da textura do mesmo. Solos de textura fina, argilosos ou ricos em matéria orgânica, têm mais coloides na sua matriz e, portanto, conseguem reter ou fixar maior quantidade deste nutriente.

A presença de micorrizas, complexos simbióticos entre as raízes das plantas e fungos, aumenta também a disponibilidade deste nutriente. Estes complexos facilitam a absorção de água e nutrientes em condições de reduzida disponibilidade de fósforo no solo. Mas a sua atividade pode diminuir drasticamente caso se recorra repetidamente a adubações fosfatadas.

Durante o ciclo da cultura, o fósforo apresenta maior importância na primavera, sobretudo quando as temperaturas são baixas (Soares *et al.*, 2001).

Relativamente a efeitos de deficiência de fósforo, raramente são observáveis ou notados. Visto ser um elemento essencial para o bom desenvolvimento das raízes nos primeiros anos das árvores jovens, o seu efeito deficiente em pomares adultos acaba por ser praticamente inexistente. Em todo o caso, algum sintoma de deficiência será de notar nas folhas mais velhas, visto ser um nutriente muito móvel dentro das árvores. No ciclo do fósforo, as folhas senescentes transferem grande parte deste nutriente para os órgãos lenhosos da pereira, restabelecendo assim as reservas. Segundo Soares (2001), uma carência acentuada e bem definida poderá levar à queda antecipada de folhas da base para a extremidade do ramo.

Este nutriente apresenta algumas peculiaridades em relação a outros elementos. A absorção deste nutriente a partir de uma adubação fosfatada leva à diminuição da absorção de azoto. Soares (2001) refere que valores elevados de fósforo no solo provenientes de adubações excessivas, podem levar à diminuição da absorção de potássio. Segundo o mesmo autor, o limite é cerca de 60 mg de P_2O_5 por quilograma de terra seca.

Elevados níveis de fósforo limitam a absorção de zinco e de cobre, devido à formação de compostos insolúveis com estes dois elementos, no solo, à superfície das raízes ou no interior das árvores.

A distribuição anual deste nutriente é fundamental para a eficiência da sua absorção. De um modo grosseiro 20% do valor total de fósforo está presente nas folhas, 40% nos frutos e os restantes 40% pelos órgãos lenhosos (Soares *et al.*, 2003). É possível constatar que devido ao baixo valor presente

nas folhas, a quantidade de fósforo reciclável após a queda das folhas é bastante reduzida. Para além deste facto, as folhas mais velhas transferem fósforo para as reservas lenhosas da árvore, como já referido, o que diminui ainda mais a quantidade reciclável. Por outro lado, é possível garantir que a planta possui, no início do seu ciclo, uma reserva considerável (cerca de 40%) de fósforo proveniente do ano anterior. Outro aspeto a ter em conta é o facto de as necessidades de uma pereira adulta para este nutriente serem menores que outros nutrientes como o azoto ou potássio. No entanto, é possível garantir com maior exatidão e segurança, do ponto de vista do fruticultor, uma boa nutrição em fósforo durante todo o ano utilizando um sistema de rega gota-a-gota em que a distribuição de adubo fosfatado se encontra fracionada. Utilizando este sistema é possível obter maior eficácia na absorção de fósforo, visto haver menor retenção no complexo de troca do solo, ao alcance de maiores profundidades quando dissolvido em água e à maior rapidez de absorção. Para além do aspeto eficaz, é possível diminuir também as quantidades de adubo em cerca de 40% (Soares *et al.*, 2003). Relativamente ao pH e tendo em conta as especificidades do fósforo para solos alcalinos e ácidos, o ideal para um melhor aproveitamento seria a obtenção de valores entre os 6 e 6.5. Nestas situações o ião fosfato (H_2PO_4^-) é mais absorvido pelas raízes, visto formar fosfato monocalcico $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, muito solúvel, fornecendo assim a planta com dois nutrientes importantes.

Relativamente às quantidades de fósforo a calcular, é possível obter uma estimativa de acordo com a produtividade esperada, a partir dos teores suficientes deste nutriente nas análises foliares ().

Os valores podem variar entre 10 a 30 kg P_2O_5 ha^{-1} , para produtividades entre 20 a 60 toneladas de peras por hectare. A distribuição de fósforo pode ser determinada com base no estado fenológico, tendo a plena floração como início (zero). Na Tabela 3 encontra-se uma sugestão de distribuição de fósforo (P_2O_5) em fertirrega.

Esta sugestão já tem em conta o fósforo que é reciclado antes da queda das folhas outonais e as reservas presentes no lenho. No entanto não são tidas em conta as características do solo, que como já descritas, podem influenciar seriamente a quantidade de fosforo absorvido pelas raízes. No entanto o problema do pH do solo é atenuado pela fertirrega, devido ao controlo da acidez da água da tubagem. A utilização de ácidos fortes permite eliminar os carbonatos e bicarbonatos de cálcio presentes na água, reduzindo e mantendo os valores de pH para os pretendidos. Outro aspeto a ter em conta é que considerando a floração como o estado inicial zero, é dado um enfoque até 45 dias antes desta data, devido à grande importância do fósforo na quebra da dormência e na indução floral.

Tabela 3 - Distribuição de fósforo (P_2O_5) em fertirrega, ao longo do ano, em função da produtividade esperada (Soares et al., 2003).

Estado Fenológico	Nº de dias	Fósforo (%)	Quantidades de P_2O_5 (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)		
			20 t ha ⁻¹	30 t ha ⁻¹	40 t ha ⁻¹
Quebra de dormência	-45 a -30	5	0,6 a 0,8	0,9 a 1,2	1,2 a 1,6
Início de rebentação	-30 a -15	25	3,0 a 4,0	4,5 a 6,0	6,0 a 8,0
Floração	-15 a 0	11	1,32 a 1,76	1,98 a 2,64	2,64 a 3,52
	0 a 10	11	1,32 a 1,76	1,98 a 2,64	2,64 a 3,52
1ª Fase de crescimento do fruto (multiplicação celular)	10 a 20	9	1,08 a 1,44	1,62 a 2,16	2,16 a 2,88
	20 a 40	6	0,72 a 0,96	1,08 a 1,44	1,44 a 1,92
Indução floral / 2ª Fase de crescimento do fruto (alongamento celular)	40 a 55	6	0,72 a 0,96	1,08 a 1,44	1,44 a 1,92
	55 a 70	4	0,48 a 0,64	0,72 a 0,96	0,96 a 1,28
	70 a 85	3	0,36 a 0,48	0,54 a 0,72	0,72 a 0,96
	85 a 100	2	0,24 a 0,32	0,36 a 0,48	0,48 a 0,64
Maturação Comercial	100 a 115	2	0,24 a 0,32	0,24 a 0,32	0,48 a 0,64
Pós-colheita (acumulação de reservas para início do ciclo produtivo - vegetativo)	115 a 130	3	0,36 a 0,48	0,36 a 0,48	0,72 a 0,96
	130 a 145	8	0,96 a 1,28	0,96 a 1,28	1,92 a 2,56
	145 a 160	4	0,48 a 0,64	0,72 a 0,96	0,96 a 1,28
Total		100	12 a 16	18 a 24	24 a 32

4.3. Potássio

É um dos nutrientes mais importantes para o bom desenvolvimento da cultura, em especial, das características distintas da pera 'Rocha'. A pereira é bastante exigente em potássio estando este aspeto intrinsecamente associado a elevados níveis de produtividade. É também um elemento que detém uma importância agravada na sanidade fitológica da cultura.

O potássio em quantidades suficientes dentro das pereiras melhora a regulação hídrica dos tecidos, a absorção de água pelas raízes e tem uma importância fulcral na abertura estomática das folhas. É um nutriente necessário para a ativação enzimática e para a fosforilação e síntese de ATP.

A relação entre o potássio e azoto parece condicionar os ataques de pragas e doenças. Doses elevadas de azoto tornam a cultura mais sensível a ataques de pragas e doenças, pois no geral a relação N/K aumenta.

Relativamente a aspetos fisiológicos e morfológicos, é de notar que o potássio exerce um efeito positivo no engrossamento dos frutos desde o vingamento até à colheita, visto ser um elemento constituinte e fundamental da estrutura das paredes celulares das plantas. Em termos organoléticos favorece as qualidades gustativas da pera, elevando o teor em açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis. Valores elevados de potássio provocam a maturação mais rápida da polpa e antecipação da data de colheita. A coloração é também afetada, tendo Soares *et al.* (2003) constatado que peras bem nutridas em potássio apresentam uma cor amarela antecipada, ligeiramente rosadas, característica da variedade 'Rocha'. Sobre este rosado, provocado pela exposição da face da pera ao sol, o mesmo autor

esclarece que é também favorecido pelo orvalho noturno e temperaturas frescas durante a noite, associadas a pulverizações foliares de potássio ao final do dia, cerca de 15 dias antes da data de colheita.

Situações de carência de potássio em pereiras são menos acentuados que em macieiras. Devido à grande mobilidade deste nutriente no interior da árvore, é de notar algum tipo de sintoma nas folhas mais velhas, sendo que em situações extremas, possam também aparecer em folhas mais novas. As folhas apresentam uma coloração amarelada nas bordaduras, dando origem a uma zona escurecida e necrótica à medida que aumenta a carência. Estas áreas necrosadas começam nas margens e progridem para dentro da folha em direção à nervura central. Em situações extremas, para além do enrolar das folhas, pode ocorrer a queda foliar. Os frutos acumulam grandes quantidades de potássio, o que leva a que haja um grande transporte deste nutriente de outros órgãos da planta para o fruto. Desta forma é evidente a progressão de sintomas nestes órgãos dadores, como as folhas, à medida que ocorre a maturação dos frutos (Soares *et al.*, 2003). Estando o calibre associado ao potássio, será de esperar que uma carência neste nutriente leve à formação de peras de menor calibre, de epiderme menos brilhante e com menor teor em sólidos solúveis, ou seja, peras com menor relação açúcares/ácidos e, portanto, de menor qualidade.

De facto, é um nutriente que apresenta uma grande importância em todo o sistema da planta, seja a nível celular ou à observação visual. Quando as árvores apresentam sintomas visíveis de carência significa que a nível interno o seu funcionamento foi já afetado, podendo ter sido afetada a regulação hídrica, transpiração, fotossíntese, respiração, síntese de ATP, transporte de hidratos de carbono e síntese de proteínas (Soares *et al.*, 2003). Isto reforça a importância de realizar análises constantes a todo o sistema árvore-solo, sobretudo análises foliares. Sendo um elemento móvel, como já referido várias vezes, é mais fácil corrigir as necessidades em potássio via adubações foliares, o mais atempadamente possível de modo a evitar prejuízos significativos. Soares *et al.* (2003) aconselha à realização de pelo menos duas análises foliares, uma a 50 a 60 dias após a floração e a segunda cerca de 100 a 110 dias após F2.

Os prejuízos provocados pela carência de potássio podem não ter um efeito imediato. É possível que afete os lançamentos vegetativos do ano seguinte, influenciando a qualidade dos corimbos e dos órgãos de frutificação em formação. Pode ainda ter um efeito prolongado na indução e diferenciação floral (Soares *et al.*, 2003).

Citando Soares *et al.* (2003). “o potássio deve ser vigiado com cuidado, pois uma carência vai também provocar um aumento das enzimas relacionados com a decomposição proteica ou proteólise, baixando as resistências naturais das plantas”.

Por outro lado, o excesso de potássio é também um problema severo. Dado que na forma iônica K^+ é muito facilmente absorvido pelas raízes, é possível que ocorra desequilíbrios com outros nutrientes no interior da planta. No complexo solo, a absorção de potássio em excesso leva que o cálcio e o magnésio assimiláveis fiquem inalterados, permitindo a sua lavagem pela movimentação da água no solo, quer por chuva como por rega. Desde modo, os solos ficam empobrecidos em cálcio e magnésio, podendo mais tarde, ser motivo de carência para a cultura. Sendo o potássio um elemento muito móvel no interior da planta, após absorção chega relativamente rápido aos frutos, ao contrário do cálcio que é um elemento muito pouco móvel.

Em pós-colheita, frutos com excesso de potássio têm menor tempo de conservação devido ao aumento da taxa de respiração, tornando as peras mais sensíveis ao escaldão da epiderme e a incidência de acastanhamentos internos. O uso de sistemas de fertirrega aumenta a relação K/Ca, acelerando a maturação dos frutos e diminuindo a capacidade de conservação dos frutos (Soares *et al.*, 2003). Segundo o mesmo autor, o excesso de potássio nos frutos tem um efeito direto na incidência de vários tipos de acastanhamentos internos, escaldão da epiderme, aumento da taxa de respiração da polpa, menor dureza da polpa e menor riqueza em ácido, maior sensibilidade das peras ao manuseamento em armazém e no mercado. O potássio tem, no entanto, um efeito importante quando se encontra em quantidades adequadas no fruto, reduzindo os riscos de desidratação e perda de peso das peras em atmosfera refrigerada.

De modo a evitar situações de carência ou excesso é necessário perceber como se distribui este nutriente pelos órgãos da pereira, perceber o seu ciclo e entender as quantidades e os períodos de aplicação de adubos potássicos. De todos os macronutrientes principais o potássio é o nutriente que apresenta maiores exigências por parte da pereira (Soares *et al.*, 2003). Dos restantes apenas o cálcio apresenta maiores necessidades por ser um elemento estruturante (Soares *et al.*, 2003). Podemos considerar que cerca de 40% do potássio total é extraído ou exportado pelos frutos e que apenas uma pequena quantidade deste é reciclada ao pomar, resultado da queda de frutos antes e no momento da colheita. Segundo Soares *et al.* (2003) é uma quantidade tão ínfima que acaba por ser menosprezada. Da percentagem total de potássio, cerca de 40% encontra-se nas folhas, podendo parte ser translocada de para as reservas de lenho da árvore, antes da queda das folhas. Os restantes 20% são parte dos órgãos permanentes e lenhosos da pereira.

As quantidades totais de potássio a aplicar dependem sobretudo da produtividade pretendida, podendo ser avaliadas a partir dos teores de potássio nas análises foliares (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Os valores podem variar entre 30 a 10 kg $K_2O\ ha^{-1}$, para produtividade entre 20 a 60 toneladas de peras por hectare. No entanto, é necessário ter em conta uma série de

outros fatores, como o tipo de solos, tipo de pomar, sistema de condução e poda, porta-enxerto ou qualidade da água de rega, que influenciam a disponibilidade de potássio.

A textura do solo influencia bastante a disponibilidade de potássio, afetando a mobilidade deste nutriente na matriz do solo. Os solos onde estão inseridos os pomares de pera 'Rocha' na região Oeste contêm predominantemente argilas do tipo ilite (2:1), que retêm fortemente o potássio na sua malha cristalina (Soares *et al.*, 2003; Quelhas dos Santos, 2015). De modo a contornar esta característica, a fertilização torna-se mais eficiente e eficaz quando utilizada num sistema de fertirrega e de modo fracionado, à semelhança do azoto. Na Tabela 4 encontra-se uma sugestão para a distribuição de potássio, consoante a produtividade esperada e tendo como ponto inicial a floração.

*Tabela 4 - Distribuição de potássio (K_2O) em fertirrega, ao longo do ano, em função da produtividade esperada. (Soares *et al.*, 2003).*

Estado Fenológico	Nº de dias	Potássio (%)	Quantidades de K_2O ($kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)		
			20 t ha^{-1}	30 t ha^{-1}	40 t ha^{-1}
Início da rebentação	-30 a -15	3	1,2 a 1,5	1,8 a 2,25	2,4 a 3,0
Floração	-15 a 0	7	2,8 a 3,5	4,2 a 5,25	5,6 a 7,0
	0 a 10	8	3,2 a 4,0	4,8 a 6,0	6,4 a 8,0
1ª Fase de crescimento do fruto (multiplicação celular)	10 a 20	9	3,6 a 4,5	5,4 a 6,75	7,2 a 9,0
	20 a 40	10	4,0 a 5,0	6,0 a 7,5	8,0 a 10,0
Indução floral / 2ª Fase de crescimento do fruto (alongamento celular)	40 a 55	10	4,0 a 5,0	6,0 a 7,5	8,0 a 10,0
	55 a 70	17	6,8 a 8,5	10,2 a 12,8	13,6 a 17,0
	70 a 85	12	4,8 a 6,0	7,2 a 9,0	9,6 a 12,0
	85 a 100	8	3,2 a 4,0	4,8 a 6,0	6,4 a 8,0
Maturação Comercial	100 a 115	6	2,4 a 3,0	3,6 a 4,5	4,8 a 6,0
Pós-colheita (acumulação de reservas para início do ciclo produtivo - vegetativo)	115 a 130	4	1,6 a 2,0	2,4 a 3,0	3,2 a 4,0
	130 a 145	3	1,2 a 1,5	1,8 a 2,25	2,4 a 3,0
	145 a 160	3	1,2 a 1,5	1,8 a 2,25	2,4 a 3,0
Total		100	40 a 50	60 a 75	80 a 100

4.4. Cálcio

O cálcio, na forma iónica Ca^{2+} , é um macronutriente secundário com um papel fundamental a nível estrutural, fisiológico e bioquímico (Soares *et al.*, 2003; Almeida, 2005a). A nível bioquímico é um importante elemento do metabolismo das paredes celulares, atuando como estabilizador de polissacarídeos, regulador da atividade enzimática e das propriedades iónicas da parede. Para além disso, o apoplasto é um reservatório de cálcio citosólico, cujos níveis são estritamente regulados (Almeida, 2005a).

Dentro da planta o cálcio é um elemento pouco móvel, distribuído de forma heterogénea pelos diversos órgãos, ou mesmo dentro dos tecidos e células. De um modo geral este elemento tem uma maior concentração nas folhas do que nos frutos maduros (Almeida, 2005a).

Fisiologicamente, o cálcio acumula-se no apoplasto onde atua. É transportado pelas células mortas dos vasos xilêmicos, mas não pelo floema vivo. A maioria do cálcio é localizado nas paredes celulares, ou precipita no vacúolo, sob a forma de oxalatos, fosfatos ou carbonatos. No citosol, onde a concentração de cálcio é muito reduzida e rigorosamente controlada, este nutriente desempenha funções de regulação (Almeida, 2005a).

No solo o cálcio detém um efeito importante, tanto na matriz como na absorção de outros iões por parte das raízes (Soares *et al.*, 2003). Está presente no solo sob três formas distintas, mas em equilíbrio (Almeida, 2005a):

1. O cálcio não permutável, ou imóvel, precipita no solo ou é um componente mineral, estando indisponível diretamente para absorção das plantas;
2. O cálcio permutável, encontrando-se adsorvido pelos coloides do solo;
3. O cálcio está ainda presente na solução do solo;

O equilíbrio entre as três partes é afetado por diversos fatores (Figura 5), como a fertilização, pH do solo, capacidade de troca catiónica e proporção do cálcio nesta, ou relação com outros nutrientes (Almeida, 2005a).

Tanto o cálcio permutável, como o cálcio presente na solução do solo, podem ser absorvidos pelas raízes. Ocorre contacto com os catiões de cálcio por transporte de massa, por difusão dentro da solução do solo a partir de gradientes elétricos e de concentração, ou, por crescimento de raízes novas. (Almeida, 2005a).

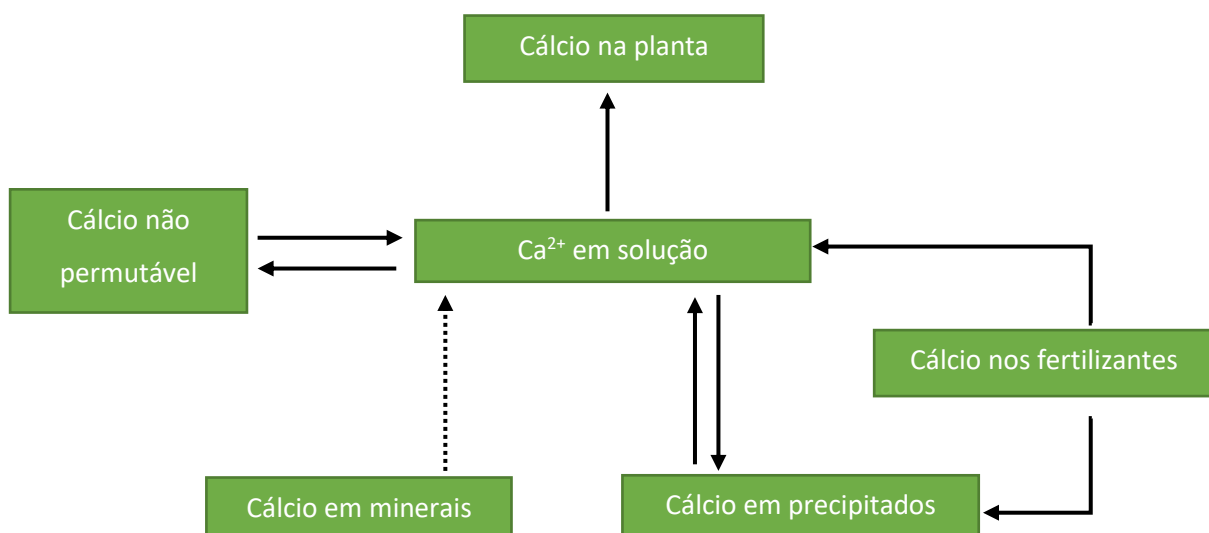


Figura 5 - Representação simplificada dos fatores que determinam a disponibilidade do cálcio no solo (Almeida, 2005a).

O cálcio é um nutriente ativo no crescimento do sistema radicular e controla a absorção de diferentes nutrientes, entre os quais o íon K^+ . Esta influência depende sobretudo do pH do meio. Em situações de aumento de acidez do solo a absorção do potássio é inibida, tendo o cálcio um efeito contraditório. Por outro lado, quando o pH diminui ocorre a saída de íões das raízes para o solo, o cálcio mantém um efeito minimizante. Em situações em que o pH se mantém na zona de neutralidade, os íões Ca^{2+} permitem a retenção de K^+ presente nas raízes (Soares *et al.*, 2003).

É importante ter em conta que nem sempre é economicamente vantajoso realizar adubações cálcicas em solos muito ácidos. Nestas situações, a técnica mais económica de fornecer cálcio será a partir de calagens com carbonato de cálcio ou hidróxido de cálcio, ou ainda a partir de corretivos minerais dolomíticos, administrando assim cálcio e magnésio (Soares *et al.*, 2003).

O cálcio, à semelhança do boro, influencia o vingamento. Segundo Soares *et al.* (2003), o íon Ca^{2+} melhora a germinação do grão de pólen e aumenta o ritmo de crescimento do tubo polínico, criando-se condições para uma melhor fecundação dos óvulos e existência de frutos com maior número de sementes. A importância deste nutriente estende-se até à fase de divisão e multiplicação das células das peras.

Como já referido, o cálcio movimenta-se dentro das plantas, pelas células mortas do xilema. Após a absorção pelas raízes, é transportado no sentido ascendente nestes vasos, na forma de íon livre ou complexado com ácidos orgânicos. Tendo carga positiva na forma iónica, o cálcio é fixado por cargas negativas presentes nas paredes celulares do xilema, sendo libertado por troca catiónica e ascendendo ao próximo local de fixação por fluxo de massa na corrente de transpiração. Sendo assim a translocação do cálcio é dependente da concentração e do fluxo da seiva xilémica, afetando desta forma a distribuição deste nutriente entre os diversos órgãos (Almeida, 2005a).

A redistribuição do cálcio é limitada devido à incapacidade de ser transportado pelo floema. Almeida (2005a), sugere que existem dois tipos de *sinks* que influenciam independentemente o transporte de cálcio. Quando a concentração de cálcio nas paredes dos vasos xilémicos aumenta, o fluxo de íões correlaciona-se bem com a intensidade de transpiração e o cálcio tem tendência a acumular-se nas folhas completamente expandidas. Desta forma, se a taxa de transpiração aumentar o fluxo de cálcio para os órgãos *sink* aumenta. Segundo Almeida (2005a), novos *sinks* de cálcio podem surgir ao criar-se novos locais de troca nas extremidades dos vasos xilémicos, como resultado de uma nova diferenciação de xilema nos meristemas dos lançamentos. Desta forma o cálcio pode deslocar-se para estes novos locais de troca. Em condições de elevada transpiração, é de esperar que os íões de cálcio sejam translocados para as folhas. No entanto, em situações de baixa taxa de transpiração, os *sinks* dos meristemas exercem uma elevada influência no movimento do cálcio.

Podemos considerar os frutos como órgãos *sinks* no movimento interno do cálcio. Os ovários e os frutos recém vingados têm elevadas taxas de transpiração, sendo, portanto, órgãos propensos à acumulação de cálcio. Para além deste fator, a fase de rápida divisão celular gera novos locais de troca, o que favorece também o armazenamento de cálcio. Os novos frutos importam assimilados, provenientes do floema. Com o crescimento e expansão dos frutos, a razão superfície/volume diminui e a taxa de transpiração e acumulação de cálcio diminuem. Os produtos sintetizados da fotossíntese são continuamente importados para o fruto numa solução de água. Parte da água que entra no fruto via floema é utilizada em reações metabólicas na expansão do órgão, sendo que apenas uma pequena parte é transpirada. Quando a entrada de água pelo floema excede as necessidades metabólicas e de transpiração, o excesso é removido pelo xilema, por diferença do potencial de água. Este fenómeno do fluxo descendente no xilema origina uma diminuição dos níveis de cálcio dos frutos, visto que este nutriente não é importado para o fruto por não se movimentar no floema. Inversamente a este facto, o movimento descendente da água no xilema é capaz de remover o cálcio do fruto. O cálcio livre presente no apoplasto pode ser diluído no cálcio livre da água a partir do floema, sendo depois retirado do fruto pelo xilema. Se o fluxo de cálcio no fruto for muito reduzido ou nulo, a concentração global de cálcio diminui com o crescimento do fruto, devido a este efeito de diluição (Almeida, 2005a).

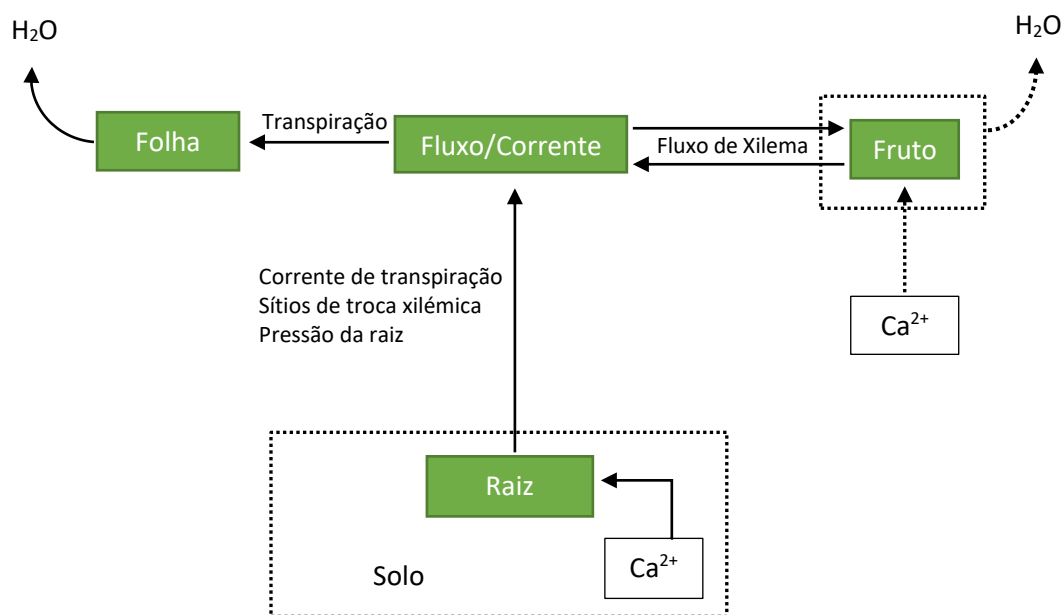


Figura 6 - Possibilidades de movimento de cálcio numa árvore de fruto (Almeida, 2005a).

Por ter um efeito importante na qualidade pós-colheita do fruto, a nutrição em cálcio dos frutos deve ser tida em conta, de modo a evitar situações de carência à colheita. Existem 36 desordens associadas ao cálcio, das quais 20 afetam frutos frescos (Almeida, 2005a). Nas peras e maçãs os sintomas de desordens de cálcio são o fendilhamento, o *bitter pit* e cavidades. Na Figura 7 encontram-

se dois mecanismos para o aparecimento destes sintomas. No caso dos frutos das pomóideas, não é normal aparecem sintomas de enrugamento da epiderme por perda de turgência das células.

A carência de cálcio nas células das peras, torna as respectivas polpas menos consistentes, aumentando a taxa respiratória com libertação de etileno e acelerando o processo de maturação em peras armazenadas em câmaras frigoríficas (Soares *et al.*, 2003; Almeida, 2005a).

Um dos aspetos a ter em conta na conservação dos frutos é a firmeza, tendo o cálcio um papel importante no retardamento do amadurecimento das frutas (Poovaiah *et al.*, 1988; Saftner *et al.*, 1998; Almeida, 2005a).

É importante manter um bom equilíbrio N/Ca para a obtenção de peras com boa capacidade de conservação. Sendo o azoto um acelerador do metabolismo respiratório das células dos frutos, é de esperar que os processos de amadurecimento e senescência se deem mais rapidamente quando a razão N/Ca é elevada. Nestas situações, ocorre a aceleração da taxa de respiração com consequente degradação do amido presente no fruto. Por outro lado, níveis adequados de cálcio conferem maior resistência a doenças, como a estenfiliose (*Stemphylium versicarium*).

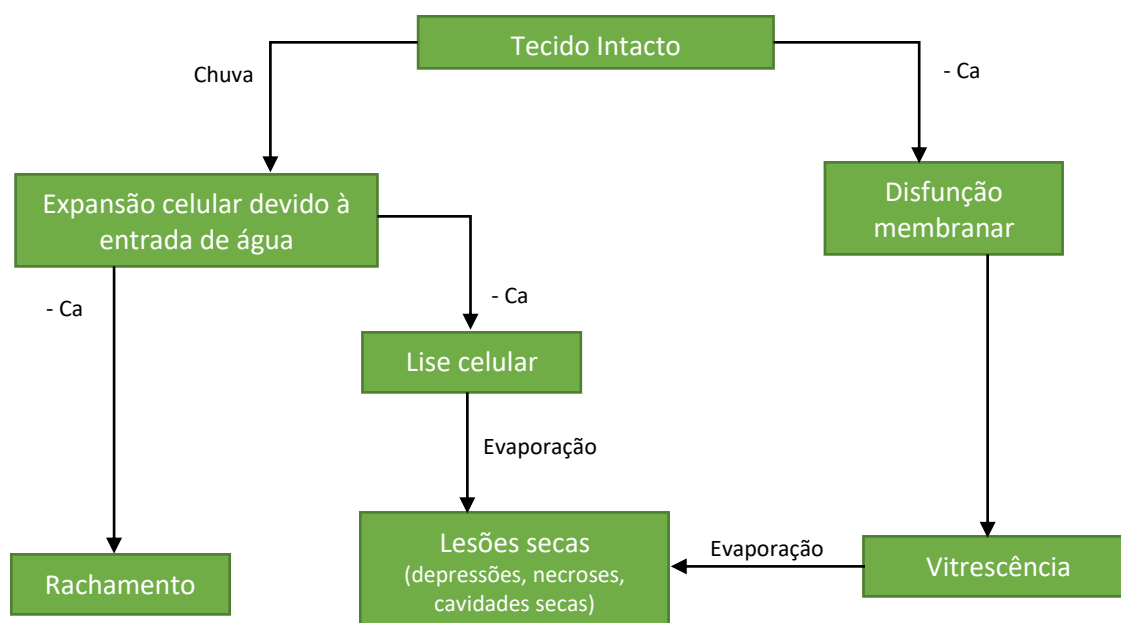


Figura 7 - Desenvolvimento de sintomas relacionados com desordens de cálcio na generalidade de frutos frescos. (Almeida, 2005a).

Como já referido, é necessário ter também em conta a relação K/Ca. O cálcio reduz a penetração da água e da maior parte dos iões, ao contrário do potássio que é responsável pelo equilíbrio hídrico e hidratação dos tecidos. Em pós colheita, relações de K/Ca elevadas podem levar ao aparecimento de desordens internas (Soares *et al.*, 2003), como já referido.

A relação do cálcio com o fósforo é bastante relevante. Em adubações, estes nutrientes não podem ser misturados ou aplicados em conjunto, devido à ocorrência de precipitados (Almeida, 2005a). Devido ao papel ativo do fósforo nas funções fundamentais de transferência de energia nas células, síntese de ácidos nucleicos e regulação da expressão genética, é possível prever as limitações das células na utilização de cálcio.

Para prever com maior eficácia o melhor período para aplicação de cálcio é necessário ter em conta todas estas características. A nutrição de cálcio nas árvores deve ter em conta o fornecimento direto deste nutriente na fase de crescimento, mas também a acumulação de cálcio nas reservas, para o ano seguinte (Almeida, 2005a). É um nutriente, pouco móvel nas plantas, com uma absorção mais eficaz por parte da cultura no início da atividade vegetativa, a partir do abrolhamento dos gomos, até cerca de 30 a 40 dias após a floração (Soares *et al.*, 2003).

É necessário ter em conta a isenção de cloretos nas aplicações de cálcio antes e após a floração, de modo a evitar agressividade nas flores ou carepa nos frutos. Para evitar este efeito negativo, o cálcio é distribuído por fertirrega em soluções de nitrato de cálcio, de modo a administrar com maior eficiência cálcio às raízes (Soares *et al.*, 2003). As aplicações de CaCl_2 , via foliar, devem ser sempre diluídas entre 0,5 a 2,0% para evitar danos às folhas (Soares *et al.*, 2003; Almeida, 2005a). No entanto é importante reter que estas aplicações ocorrem perto da colheita, sendo que nessa altura as lesões provocadas nas folhas não têm efeitos a longo prazo, tanto para os frutos como para as árvores. Uma única aplicação de solução concentrada de CaCl_2 , 2,5 a 7,5%, é mais eficaz no aumento do teor de cálcio e na redução de desordens fisiológicas relacionadas com cálcio, em maçãs (Almeida, 2005a).

São também realizadas adubações foliares com nitrato de cálcio, a partir do abrolhamento até depois da colheita, às árvores (Soares *et al.*, 2003). As adubações foliares com base em soluções de cálcio têm mostrado um aumento do teor de cálcio em vários frutos (Drake *et al.*, 1979; Dris & Niskanen, 1999; Gerasopoulos e Richardson, 1999; Almeida, 2005a). Para além de nitrato de cálcio e cloreto de cálcio, podem ser utilizados como alternativa extratos de algas e trihidroxiglutarato de cálcio (Mason, 1979; Le Grange *et al.*, 1998; Makus & Morris, 1998).

Segundo Soares *et al.* (2003) o nitrato de cálcio a (0,3%) pode ser utilizado via foliar até ao estado fenológico H (DGADR, 2008), até os frutos terem um calibre de 30 mm. Nas fases seguintes até à colheita pode utilizar-se um óxido de cálcio (0,3 – 0,4%) ou um quelato de cálcio. Em 1993 foram realizados ensaios de modo a perceber a relação entre as aplicações de nitrato de cálcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ do estado H (DGADR, 2008) até à maturação, e a incidência de podridões pós-colheita em frutos em atmosfera normal à temperatura de 2,5 °C. Constatou-se após 7 meses de conservação, que aplicações de NO_3Ca na concentração de 250 g hL^{-1} , durante o referido período de maturação, tiveram uma

redução de 4% das podridões em relação à testemunha, em que não houve qualquer tratamento. As pereiras utilizadas neste ensaio foram enxertadas em EMA, cujo solo tem cálcio a 2500 mg kg⁻¹ de cálcio, com a base de troca do Ca²⁺ a 85% (Soares *et al.*, 2003).

Aplicações pré-colheita de cálcio têm um efeito positivo no aumento de algumas substâncias no fruto, tal como o ácido ascórbico, devido à manutenção da integridade da membrana, e assim, diminuindo a necessidade de proteção contra antioxidantes (Xuan *et al.*, 2001).

A acumulação de cálcio nos frutos é parcialmente determinada pelo genótipo e regulada pela fase de desenvolvimento do fruto e pelas condições ambientais do meio (Almeida, 2005a).

Por norma, a gestão do cálcio pós-colheita é vista com exceção em relação aos outros nutrientes. As aplicações de cálcio são sobretudo utilizadas para corrigir o que não foi possível alcançar durante a produção dos frutos (Almeida, 2005a).

Imersões dos frutos pós-colheita com soluções de CaCl₂ (1,5%) conduzem a níveis superiores de amido após 7 meses de conservação em atmosfera normal à temperatura de 0,25 °C. Nestas concentrações o cloreto de cálcio não provocou danos nem carepa na epiderme da pera. O ensaio apresentou bons resultados na conservação e na redução das podridões provocadas por fungos (Soares *et al.*, 2003). Concentrações elevadas de CaCl₂, cerca de 3 a 4%, e a manutenção de um filme envolvente de solução de cálcio no fruto são essenciais para o aumento do teor de cálcio no fruto, visto ser um nutriente de lenta mobilidade e migração para o fruto (Almeida, 2005a).

Podem ser utilizados produtos tensioativos que diminuem a tensão superficial e facilitam a absorção de cálcio, por parte dos frutos.

As características da superfície dos frutos influenciam o aumento do teor de cálcio. O cálcio penetra nos frutos principalmente pelas lenticelas e descontinuidades na cutícula (Almeida, 2005a).

Na infiltração por vácuo os frutos são imersos numa solução de cálcio a pressão sub atmosférica, ca. 33 kPa (Johnson, 1979). É, no entanto, um processo mais dispendioso e com equipamento mais específico, mas com resultados muito eficientes na administração de cálcio pós-colheita. (Sams *et al.*, 1993). Este processo pode induzir danos na epiderme e acastanhamentos internos em maçãs (Johnson, 1979).

De facto, podemos constatar que tratamentos de cálcio pós-colheita são efetivos na prevenção do desenvolvimento de desordens internas e no aumento do tempo de vida na prateleira, pelo aumento da firmeza e diminuição da suscetibilidade a agentes patogéneos (Almeida, 2005a). Segundo Soares *et al.* (2003) a incidência de estenfiliose (*Stemphylium versicarium*) é mais frequente em pomares com

menores teores de cálcio nas folhas. Em conservação, o mesmo autor destaca que as peras 'Rocha' com teores elevados de cálcio são menos suscetíveis a ataques de fungos *Gloeosporium* spp., *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* e *Penicillium expansum*. Em maçãs, as aplicações de CaCl_2 pós-colheita também reduzem a probabilidade de infecções por *Penicillium expansum* e *Botrytis cinerea* (Saftner *et al.*, 1997). Infiltrações pós-colheita de cálcio em maçãs reduzem momentaneamente a produção de gases voláteis quando armazenadas a 0 °C, recuperando os valores originais de fruta não tratada após 4 meses de armazenamento, nestas condições (Saftner *et al.*, 1999).

É, portanto, recorrente as peras serem banhadas no "drencher" com soluções de cálcio e de outros produtos antifúngicos complementares, antes de entrarem nas câmaras frigoríficas, de modo a permitir a conservação isenta de patologias por longos períodos de tempo.

O efeito estabilizador do cálcio nas membranas das células origina efeitos positivos na qualidade pós-colheita dos frutos. As membranas de frutos amadurecidos e outros órgãos senescentes sofrem mudanças na composição lipídica, alterando assim as suas propriedades físico-químicas, incluindo redução de fluidos, separação lateral, perda de semi-permeabilidade e alteração das funções proteicas (Almeida, 2005a).

Os tratamentos com cálcio protegem a membrana da degradação durante o amadurecimento e senescência. Segundo Almeida (2005a), a incubação de fatias de maçã em soluções isotônicas de cálcio mostrou que houve uma redução da perda de Ca^{2+} e um aumento da viscosidade membranar. O tratamento das preparações da membrana com cálcio reduz a sua fluidez e aumenta a temperatura da fase de transição. Almeida (2005a) sugere que o cálcio pode limitar os aumentos da permeabilidade da membrana por envolver os fosfolípidos. Em contraste com os efeitos protetivos, o cálcio pode estimular a degradação da membrana ao aumentar a atividade das enzimas lipolíticas.

O cálcio tem assim um papel sinérgico e simultaneamente antagônico no metabolismo membranar: o cálcio extracelular atua contra os mecanismos de senescência relacionados com as mudanças nas propriedades físico-químicas, enquanto uma concentração elevada de cálcio no citosol acelera a degradação da membrana durante a senescência (Almeida, 2005a).

4.5. Magnésio

O magnésio é um macronutriente secundário intrinsecamente associado à coloração das folhas e, consequentemente, à fotossíntese. É um componente essencial dos cloroplastos e da clorofila. A nível celular o magnésio participa no processo respiratório das células, participando na atividade das enzimas e como componente das mitocôndrias (Soares *et al.*, 2003). É também um elemento importante na relação com outros elementos como o potássio, através de mecanismos antagônicos.

Uma carência de magnésio provoca o amarelecimento das folhas, sobretudo entre as nervuras, reduzindo ou bloqueando o processo de fotossíntese. Sendo um elemento muito móvel dentro da pereira é de esperar que os sintomas de deficiência deste nutriente apareçam em folhas mais velhas dos lançamentos do ano e nas folhas dos esporões. A nível das raízes, pode levar à necrose e consequente morte de vasos mais velhos, surgindo problemas de transporte hídrico e nutritivo das extremidades mais jovens das raízes em crescimento.

É também um elemento importante na relação com outros elementos como o potássio, através de mecanismos antagónicos. É corrente haver situações de carência devido a adubações excessivas ou mal fracionadas de potássio. De forma semelhante, em solos alcalinos com elevadas quantidades de cálcio, ocorre a diminuição da absorção de magnésio. Segundo Soares *et al.* (2003), o excesso de adubações amoniacais (NH_4^+) tem um efeito antagónico, diminuindo a absorção de magnésio. No entanto o uso de azoto na forma nítrica (NO_3^-) melhora a assimilação de magnésio, sobretudo em sistemas de fertirrega, pelo que é aconselhável usar nitrato de magnésio.

No entanto existe uma relação sinérgica com o fósforo. As adubações fosfatadas em rega gota-a-gota melhoram a absorção do magnésio, e este, melhora a absorção de fósforo e o seu transporte no interior da pereira (Soares *et al.*, 2003).

No solo, o magnésio é mais móvel que o potássio, podendo ser mais facilmente lavado no perfil, tanto por ação da água da chuva como da rega. No entanto, 90% do magnésio que se encontra permutável no complexo de troca do solo está disponível para a planta. O magnésio pode estar no solo fixado no interior das estruturas da argila como iões permutáveis no complexo coloidal e como iões ou compostos solúveis na solução do solo (Soares *et al.*, 2003).

A nível pomológico, os frutos são grandes consumidores de magnésio. Os sintomas provocados por situações de carência evidenciam-se perto da data de colheita nas folhas, visto que a mobilidade deste nutriente leva a translocações para satisfazer as necessidades das peras. Deste modo é importante o diagnóstico visual precoce destas situações nos meses que antecedem a colheita.

Na avaliação das necessidades em magnésio é importante realizar análises foliares, sobretudo nestes períodos. Com base nestas análises e nas produtividades esperadas é possível estabelecer quantidades deste nutriente, como é possível constatar na .

Devido à maior mobilidade do magnésio nos solos, é importante haver um fracionamento das aplicações, ao longo do ano, a fim de evitar perdas por arrastamento em profundidade. Para aumentar ainda mais a eficácia da absorção o ideal seria uma distribuição num sistema de fertirrega, visto que a água melhora o aproveitamento do magnésio das raízes, enquanto o stress hídrico tem um efeito

oposto (Soares *et al.*, 2003). Na Tabela 5 encontra-se uma sugestão para a distribuição magnésiana em fertirrega.

Tabela 5 - Distribuição de magnésio (MgO) em fertirrega, ao longo de um ano, em função da produtividade esperada. (adaptado Soares et al., 2003).

Estado fenológico	Nº de dias	Magnésio (%)	Quantidade de MgO (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)		
			20 t ha ⁻¹	30 t ha ⁻¹	40 t ha ⁻¹
Floração	-15 a 0	2	0,2 a 0,24	0,3 a 0,36	0,4 a 0,48
	0 a 10	3	0,3 a 0,36	0,45 a 0,54	0,6 a 0,72
1ª Fase de crescimento do fruto (multiplicação celular)	10 a 20	3	0,3 a 0,36	0,45 a 0,54	0,6 a 0,72
	20 a 40	12	1,2 a 1,44	1,8 a 2,16	2,4 a 2,88
Indução floral / 2ª Fase de crescimento do fruto (alongamento celular)	40 a 55	10	1,0 a 1,2	1,5 a 1,8	2,0 a 2,4
	55 a 70	15	1,5 a 1,8	2,25 a 2,7	3,0 a 3,6
	70 a 85	12	1,2 a 1,44	1,8 a 2,16	2,4 a 2,88
	85 a 100	18	1,8 a 2,16	2,7 a 3,24	3,6 a 4,32
Maturação comercial	100 a 115	9	0,9 a 1,08	1,35 a 1,62	1,8 a 2,16
Pós-colheita (acumulação de reservas para início do ciclo produtivo - vegetativo)	115 a 130	4	0,4 a 0,48	0,60 a 0,72	0,8 a 0,96
	130 a 145	8	0,8 a 0,96	1,2 a 1,44	1,6 a 1,92
	145 a 160	2	0,2 a 0,24	0,3 a 0,36	0,4 a 0,48
	160 a 175	2	0,2 a 0,24	0,3 a 0,36	0,4 a 0,48
Total		100	10 a 12	15 a 18	20 a 24

Segundo Soares *et al.* (2003) o magnésio não é transferido e armazenado nos órgãos lenhosos, via foliar, após colheita e antes da queda das folhas.

4.6. Boro

O boro, B, é um micronutriente cuja pereira apresenta necessidades elevadas, sobretudo no início da primavera, em março e abril. É assimilável sob a forma de BO_3 e $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$.

As exigências em boro, são determinantes a partir dos gomos no estado fenológico C, ponta verde (DGADR, 2008) até à fase final da floração, i.e., queda das pétalas. É um nutriente que, em quantidades adequadas, melhora a germinação dos grãos de pólen e aumenta o ritmo de crescimento do tubo polínico. Com isto, há uma melhoria das condições de fecundação dos óvulos. Em situações em que a fecundação ocorra a partir de pólen de árvores polinizadoras, com auxílio da polinização apícola, os frutos originados têm maior probabilidade de ter sementes. Sendo assim é importante manter os níveis elevados de boro, 30 a 40 dias após a plena floração, na fase de divisão e multiplicação das células dos frutos (Soares *et al.*, 2003).

A nível celular o boro é também um nutriente importante na estabilidade das paredes celulares. O boro tem a capacidade de reter o cálcio no interior da planta sob a forma solúvel (Soares *et al.*, 2003).

Em termos fitossanitários, existe uma relação entre a nutrição de boro e a resistência da planta a doenças. Situações de carência tornam a planta mais suscetível, devido a alterações na estrutura da planta. Estas situações são facilmente detectáveis através de análises foliares, aos frutos e à seiva, no entanto, é possível constatar através do diagnóstico visual, o aparecimento de pequenas cloroses longitudinais oriundas do desenrolamento das folhas, e, o escurecimento das lesões e feridas de corte das folhas, sem qualquer cicatrização (Soares *et al.*, 2003). Nos frutos é possível encontrar pequenas depressões epidérmicas, de tonalidade verde escura e encortiçamento interno (Soares *et al.*, 2003).

Ainda sobre sintomas de carência de boro, é de notar a falta de elasticidade nos tecidos, sobretudo nas folhas e nos frutos recém-vingados. As folhas que apresentam estas características, são mais quebradiças, e os frutos apresentam um crescimento anormal e deformações. Em situações de carência severa, os tecidos da epiderme perdem a capacidade cicatrizante (Soares *et al.*, 2003).

No entanto é importante reter que os excessos de boro apresentam problemas severos a nível da conservação dos frutos. Situações de excesso causam desordens fisiológicas, aceleram a maturação e originam acastanhamentos internos e sorvamento (Soares *et al.*, 2003).

Como a maioria dos micronutrientes, a disponibilidade de boro está dependente do pH do solo. Em situações de pH elevado, a solubilidade do boro é afetada, ficando este menos disponível. Por outro lado, em solos muito alcalinos, o boro é mal absorvido, pelo que deve ser aplicado em fertirrega, e sob a forma de quelatos (Soares *et al.*, 2003).

Doses elevadas de potássio e pouco fracionadas reduzem a absorção de boro, originando deficiências deste micronutriente nas folhas e nos frutos. O mesmo efeito pode ocorrer quando existe uma elevada relação (N+P)/K a nível foliar. Assim deve reforçar-se as adubações com base em boro via foliar, após aumentos de azoto (Soares *et al.*, 2003). O boro tem num entanto um efeito positivo na absorção de fósforo.

As aplicações devem iniciar-se antes da floração, no estado botão branco. Os tratamentos após a queda de pétalas devem conter cálcio, para melhorar o aspeto da epiderme do fruto e diminuir a incidência de carepa.

5. Armazenamento e qualidade

A qualidade da fruta armazenada depende sobretudo da qualidade do fruto à colheita. Sendo a colheita um momento crucial na fileira da produção de pera, é importante determinar a data ótima de colheita tendo em conta uma série de parâmetros que possibilitem a melhor qualidade possível, independentemente de o fim ser comercialização imediata ou conservação. É, portanto, importante

ter em conta o teor de sólidos solúveis (TSS), a dureza, a cor de fundo da epiderme da fruta, a cor da semente, o índice de amido e a incidência de problemas fitossanitários, como pragas ou doenças. Na cadeia de valor, a qualidade do fruto tende a diminuir após a colheita, com o progredir do tempo, sendo o armazenamento em câmaras frigoríficas e de atmosfera controlada uma forma de desacelerar, mas não impedir, este processo de senescência.

O processo de amadurecimento da fruta ocorre devido à produção de etileno. De acordo com o período de colheita podemos designar as cultivares de pera por cultivares de verão e inverno. O armazenamento refrigerado induz a produção de etileno climatérico por parte das cultivares de verão (Sugar & Basile, 2013), no entanto, nas cultivares de inverno é necessário um maior período de frio para a produção de etileno climatérico e respetivo amadurecimento (Looney, 1972). As variedades de verão apresentam maior atividade metabólica que as cultivares de inverno, o que conduz a uma rápida senescência, caso a última seja mantida pela temperatura ambiente. Para além disso, a colheita de frutos destas variedades de verão deve ocorrer no pico de maturação, de modo a apreciar todas as características organolépticas, visto terem um baixo potencial de armazenamento. No entanto, para aumentar o período de conservação as peras de cultivares de verão são normalmente colhidas no auge da maturação comercial, antes do início da produção de etileno climatérico (Mitcham & Mitchell, 2002; Gamrasni *et al.*, 2010; Pasquariello *et al.*, 2013).

Nos frutos climatéricos, que amadurecem após serem colhidos, como é o caso das pomóideas, o etileno coordena este processo (Almeida *et al.*, 2007). O etileno tem diversos efeitos no contexto pós-colheita de produtos hortofrutícolas, como se pode observar na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais efeitos do etileno em produtos hortofrutícolas (adaptado de Almeida et al., 2003).

Efeitos benéficos:	Efeitos indesejáveis:
<ul style="list-style-type: none"> • Aceleração e uniformização do amadurecimento de frutos climatéricos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleração do amadurecimento e da senescência;
<ul style="list-style-type: none"> • Indução da síntese de compostos voláteis responsáveis pelo aroma dos frutos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da velocidade de degradação da clorofila;
	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da suscetibilidade dos frutos e fungos;
	<ul style="list-style-type: none"> • Indução ou agravamento de acidentes fisiológicos, como o aumento da suscetibilidade ao <i>bitter pit</i> em maçã;

No armazenamento em AC a atividade metabólica das peras é reduzida pelo controlo das pressões parciais de oxigénio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂), simultaneamente com diminuição da temperatura. O controlo destes 3 fatores de conservação apresenta por si só um desafio: a temperatura deve ser reduzida para valores que diminuam ao máximo a atividade metabólica, no entanto, não pode atingir valores que provoquem lesões de escaldão de frio ou congelamento. A pressão parcial de O₂ deve ser

reduzida de modo a minimizar a respiração aeróbia, porém não pode originar processos fermentativos. Quanto ao CO₂, a pressão parcial elevada leva à manutenção da coloração dos frutos, mas pode induzir problemas de armazenamento dos frutos a nível interno (Franck *et al.*, 2007).

Uma das formas de avaliar a capacidade de conservação da pera rocha é a partir do teste de regressão do amido. A presença de amido nos frutos pode ser evidenciada pela reação química que se estabelece entre uma solução de iodo e iodeto de potássio e a polpa dos frutos. O teor em amido diminui com a maturação dos frutos, pelo que frutos imaturos apresentam uma grande percentagem da área da polpa com coloração azul escuro, devido à reação. No caso de frutos maduros, a polpa apresenta uma coloração bege clara, devido à reação nula do iodo às quantidades de amido (Avelar & Rodrigues, 1999).

Sendo que a pera 'Rocha' tem em vista uma conservação prolongada, recomenda-se que pelo menos 80% dos frutos amostrados não tenham classificação superior ao grau 7 na tabela de regressão de amido (Avelar & Rodrigues, 1999).

Atualmente não existe informação que confirme com objetividade o tempo de conservação para peras 'Rocha'. Segundo Richardson & Kupfeman (1997) o período de conservação pode atingir os 8 meses, para as condições referidas, apesar de não ser referido qualquer acidente fisiológico (Tabela A. 1 e Tabela C.1, em anexo). Segundo as conclusões de Carvalho (2010) o período de armazenamento pode ser estendido até um máximo de 9,4 meses, em atmosfera refrigerada, utilizando SmartFresh™, a uma concentração de 312 nL L⁻¹ de 1-MCP. Segundo a autora a aplicação deste produto atua com eficácia na prevenção de fenómenos de escaldão superficial, bem como de acastanhamentos internos, nas referidas condições de conservação.

6. Acidentes fisiológicos

Os acidentes fisiológicos ocorrem sobretudo após o armazenamento prolongado em câmaras frigoríficas e de atmosfera controlada. O aparecimento destas desordens leva à quebra do valor comercial das peras, especialmente quando não é possível distinguir exteriormente as peras lesadas das sãs. As causas para estes acidentes podem tanto estar relacionadas com as fatores pré-colheita, dos frutos e dos pomares, como nas condições pós-colheita, de armazenamento.

Como fatores pré-colheita podemos distinguir os fatores relacionados com as características anuais de meteorologia, como a temperatura durante o crescimento dos frutos ou a incidência de chuvas não previstas pelas normais climáticas. Outro tipo de fatores pré-colheita prende-se com as características intrínsecas do pomar: formação e vigor das árvores, características do solo, aplicação de fitofármacos, rega e características da mesma ou ainda a própria inserção geográfica dos pomares.

Um outro fator é a posição dos frutos na árvore, sendo que existem diferenças entre os frutos colhidos na base e nos topos das árvores. Qualquer um destes fatores têm uma influência, maior ou menor, nas características de conservação da fruta e na incidência de desordens internas (Franck *et al.*, 2007).

Existem diversos tipos e categorias de acidentes fisiológicos em peras, sendo aqui será dado o enfoque à sintomatologia e causas de acastanhamentos internos e ao escaldão superficial da epiderme.

6.1. Acastanhamentos internos

As desordens por acastanhamentos internos nas peras podem aparecer por diferentes formas manifestando diferentes sintomas (Tabela 7).

Um dos tipos de acidentes fisiológicos é o aparecimento de acastanhamentos internos e cavidades na polpa.

As cavidades podem aparecer na zona intercarpelar, como pequenos pontos em padrão de estrela, ou, como lesões secas aleatórias ou cavidades aleatórias, geralmente de maiores dimensões (Franck *et al.*, 2007). Estes tipos de acidentes surgem a partir de tecidos acastanhados devido ao progredir do tempo e das condições que levam a desordens internas (Roelofs & de Jager, 1997; Lammertyn *et al.*, 2000; Lammertyn *et al.*, 2003b; Franck *et al.*, 2007). No entanto, os padrões de acastanhamento não evoluem ou aumentam, mas tornam-se mais severos com o aumento do tempo de conservação (Lammertyn *et al.*, 2003b; Franck *et al.*, 2007).

Podemos dividir os sintomas de acastanhamentos em 3 grupos: acastanhamento da polpa (*flesh browning*), cavidades sem acastanhamento e cavidades com acastanhamentos. Ao longo dos anos, as características e os sintomas destas desordens têm sido descritas com alguma subjetividade, por diversos autores. Não obstante as características intrínsecas e sintomatológicas dos acastanhamentos em diferentes variedades, vários autores denominaram por vezes o mesmo tipo de desordem, cujos sintomas e aparência se relaciona com a definição de outro autor (Tabela 7). A descrição de *core breakdown* de Giraud *et al.* (2001) corresponde bem à descrição de sintomas de *core browning* de Larrigaudière *et al.* (2004).

Neste trabalho iremos relacionar 5 tipos de desordens de acidentes internos que consideramos diferentes, pelo menos na aparência e sintomas: *core browning* (ou acastanhamento do núcleo), cavidades brancas ou sem necrose, cavidades com necrose, *flesh browning* (ou acastanhamento da polpa) e *senescent breakdown* (ou senescência dos tecidos).

Tabela 7 - Acastanhamentos internos após colheita em peras: nomes, sintomas e sinónimos (adaptado Franck et al., 2007).

Nome	Sintomas	Sinónimos	Referência
<i>Core breakdown</i>	Desagregação mole e acastanhada do núcleo e tecidos circundantes	<i>Senescent disorder</i>	Blanpied (1975)
Danos pelo CO ₂	Acastanhamento do núcleo e da polpa	Acastanhamento do coração (<i>Brown heart</i>), acastanhamento do núcleo (<i>Brown core</i>), <i>Pithy Brown</i>	Kader (1989)
<i>Core breakdown</i>	Colapso humedecido e castanho do tecido cortical	-	Wang & Wang (1989)
<i>Core breakdown</i>	Acastanhamento/amolecimento no núcleo e tecidos circundantes	Lesão de CO ₂ , colapso interno (<i>Internal breakdown</i>), acastanhamento do núcleo (<i>Brown core</i>)	Kadam et al. (1995)
Acastanhamento do núcleo (<i>Brown core</i>)	Acastanhamento de tecidos	-	Veltman et al. (2000)
Acastanhamento do coração (<i>Brown heart</i>)	Colapso/desagregação interna e/ou cavidades; possibilidade de cavidades sem acastanhamentos	Lesão de CO ₂	Giraud et al. (2001)
<i>Core breakdown</i>	Senescência em peras sobre-maduras ou em sobre-conservação	-	Giraud et al. (2001)
<i>Brown heart</i>	-	Acastanhamento do núcleo (<i>Brown core</i>), colapso interno (<i>intenal breakdown</i>)	Pinto et al. (2001)
<i>Brown heart</i>	Acastanhamento (cerca de a 1 cm da epiderme) e tecidos secos; sem amolecimento, por vezes com cavidades	-	Zerbini et al. (2002a, b)
<i>Core breakdown</i>	Acastanhamento na polpa, sobretudo à volta da região nuclear/central, eventualmente com cavidades devido a desidratação	Acastanhamento do núcleo (<i>Brown core</i>), colapso interno (<i>intenal breakdown</i>)	Verlinden et al. (2002)
<i>Brown heart</i>	-	Acastanhamento do núcleo (<i>Core browning</i>), Acastanhamento da polpa (<i>Flesh browning</i>), cavidades	Saquet et al. (2003)
<i>Core breakdown</i>	Descoloração castanha do tecido interno do núcleo e desenvolvimento de cavidades	-	Franck et al. (2003), Lammertyn et al. (2003a, b)
<i>Core browning</i>	Desagregação/colapso da polpa a 1 cm da epiderme	-	Larrigaudière et al. (2004)
<i>Brown heart</i>	Lesões que secam	-	Larrigaudière et al. (2004)

A avaliação dos sintomas causados por acastanhamentos é, por norma, um processo destrutivo e com algum prejuízo. Visto que os sintomas se manifestam predominantemente no interior das peras,

a avaliação do tipo e severidade de acidentes requer a destruição e desvalorização do fruto. Desta forma, para além do não aproveitamento dos frutos analisados, há também a possibilidade da desvalorização económica da fruta não avaliada, visto que os frutos lesados são comercializados indistintamente com frutos não lesados.

No entanto, não existem métodos práticos não destrutivos, em pós-colheita, para identificar estas desordens, embora haja ensaios em laboratórios e com outras espécies de frutas. Como exemplos de técnicas não destrutivas utilizadas experimentalmente, pode referir-se a espectroscopia de reflectância (Zerbini *et al.*, 2002) e a tomografia computadorizada de raios X (Lammertyn *et al.*, 2003a).

Apesar da eficácia destas técnicas, o custo associado ao equipamento é demasiado elevado, para além de que as medições ocorrem lentamente. Assim como são necessárias medidas de precaução especiais, sobretudo por causa da radiação ionizante dos equipamentos de raios-X.

Tendo em conta estes fatores, tanto os efeitos de desvalorização dos métodos destrutivos, como as desvantagens económicas e pouco pragmáticas de novas técnicas não destrutivas, o mais sensato será optar em todo o caso pela prevenção, se possível, da incidência de acastanhamentos internos.

Existem poucas desordens pós-colheita que são completamente independentes de fatores pré-colheita (Ferguson *et al.*, 1999; Franck *et al.*, 2007). Os fatores pré-colheita podem ser divididos em características edafoclimáticas, características do pomar e posição do fruto na árvore. Relativamente às características edafoclimáticas, como a temperatura durante o crescimento ou pluviosidade, as peras 'Conference' apresentam menor suscetibilidade de acastanhamentos internos quando crescem em condições quentes relativamente a áreas frias (Magness *et al.*, 1929; Hansen & Mellenthin, 1962; Zerbini *et al.*, 2002a; Franck *et al.*, 2007). A variabilidade intra-anual também é tida em conta (Roelofs & de Jager, 1997; Verlinden *et al.*, 2002). Nalguns casos, a aplicação de boro, antes da colheita, mostrou a redução de acastanhamentos em peras 'Conference' (Xuan *et al.*, 2001). As peras da variedade 'Passe Crassane' de árvores menos produtivas (Zerbini *et al.*, 1997), e peras 'Conference' do topo das árvores (Roelofs & de Jager, 1997; Franck *et al.*, 2003) mostraram ter maior suscetibilidade para acastanhamentos.

É importante reter que as características intrínsecas de cada pera à colheita, refletem a combinação de um conjunto de fatores pré-colheita específicos, e estas determinam a suscetibilidade da pera a desordens internas (Franck *et al.*, 2007). Os principais atributos das peras que são afetados por fatores pré-colheita e com influência em acastanhamentos, são o tamanho do fruto, a vitamina C e o teor de ácidos fenólicos, e as propriedades de transporte de gases (Lentheric *et al.*, 1999; Lammertyn *et al.*, 2000; Hamauzu & Hanakawa, 2003; Franck *et al.*, 2007).

Apesar dos fatores pré-colheita, a incidência de acastanhamentos internos pode ser bastante mitigada, por fatores pós-colheita (Franck *et al.*, 2007). Os fatores pós-colheita que influenciam o aparecimento de acastanhamentos são a data de colheita, a duração do período de arrefecimento, as pressões parciais de CO₂ e O₂, a temperatura de conservação e a duração do período de conservação (Blanpied, 1975; Lammertyn *et al.*, 2000; Franck *et al.*, 2007).

De um modo geral, os frutos de colheita tardia são mais suscetíveis a acastanhamentos internos (Hartman, 1925; Harley, 1929; Lammertyn *et al.*, 2000; Giraud *et al.*, 2001). É recomendável começar o arrefecimento dos frutos imediatamente após a colheita, de modo a diminuir a respiração assim que possível, mas as condições de AC só devem ser aplicadas após pelo menos 3 semanas (Roelofs & de Jager, 1997; Verlinden *et al.*, 2002). Este processo reduz eficazmente a incidência de acastanhamentos no núcleo, mesmo que em frutos colhidos tardiamente.

No geral, frutos grandes e mais maduros, armazenados sob condições de pressão baixa de O₂ e alta de CO₂, a uma temperatura mais alta e por maiores períodos de tempo são mais suscetíveis a acastanhamento do núcleo (Hansen & Mellenthin, 1962; Lammertyn *et al.*, 2000). O uso de câmaras de atmosfera controlada dinâmica (ACD) afeta o tempo de armazenamento, o que significa que o efeito benéfico destas condições atmosféricas desaparece quando as peras são armazenadas por demasiado tempo. Por outro lado, a ACD e a pressão parcial de O₂ sugere que o uso desta tecnologia apresenta melhores resultados quando as peras são armazenadas com níveis de pressão de O₂ superiores (Verlinden *et al.*, 2002).

A nutrição dos frutos é particularmente importante na incidência de acastanhamentos internos. Deve-se destacar o cálcio pelas razões anteriormente descritas. Corrêa (2010) verificou em maçãs cv. 'Fuji' a correlação entre a incidência e a severidade de degenerescência do fruto com a concentração de cálcio na polpa dos frutos. Em maçãs, observou-se que menores relações K/Ca e (K+Mg)/Ca apresentaram uma maior probabilidade de senescência, da polpa (Corrêa *et al.*, 2012).

Os teores elevados de potássio e magnésio podem ser associados à ocorrência de escurecimento da polpa. Estes elementos competem pelos mesmos sítios de ligação de cálcio à membrana plasmática, no entanto não desempenham as mesmas funções de estabilidade e integridade das membranas (Freitas *et al.*, 2010; Salvador, 2015).

A ocorrência de acastanhamentos é sobretudo devido à oxidação enzimática de compostos fenólicos (Mathew & Parpia, 1971; Mayer, 1987). A reação inicial é catalisada pela polifenoloxidase (PPO) e usa O₂ como co-substrato, originando o-quinonas, sendo estas bastante reativas, formando de imediato polímeros de cor castanha. Para que isto ocorra é necessária uma determinada concentração

fenólica, a atividade da enzima e outros fatores como o ácido ascórbico e peroxidases (Amiot *et al.*, 1992; Nicholas *et al.*, 1994).

A origem dos acastanhamentos internos durante o armazenamento está sobretudo relacionada com o balanço dos processos catabólicos e anabólicos das membranas. A PPO está localizada nos plastídeos, separada dos vacúolos, onde estão presentes os substratos fenólicos. Quando os processos de degradação (catabolismo) excedem os processos de manutenção (anabolismo), remoção e renovação dos tecidos celulares lesados, as membranas tendem a deteriorar-se. Assim, a enzima PPO entra em contacto com os compostos fenólicos, iniciando-se os processos que originam a formação de polímeros acastanhados. É possível encarar esta problemática, dando foco a estes dois tipos de processos, oxidativo e redutor. Pelos processos anabólicos o foco passa pela respiração celular insuficiente, não gerando energia suficiente para os processos de manutenção. Inversamente, dando foco aos processos catabólicos, é estudado o sistema antioxidante, de modo a prevenir os danos. As duas hipóteses são complementares, pelo que o mais relevante é o equilíbrio destes dois processos (Franck *et al.*, 2007).

A pressão parcial de O_2 influencia sobretudo os processos aeróbicos. Peras armazenadas em condições de O_2 demasiado baixas podem induzir adaptações metabólicas, como a fermentação, ou podem induzir anoxia, i.e., retardamento das vias de consumo de O_2 e ATP. A acumulação de produtos de processos fermentativos, como o acetaldeído, etanol e acetato de etilo em peras Bartlett, ocorreu em condições de armazenamento de 0.25% O_2 , 20% O_2 + 80% CO_2 , e 0.25% O_2 + 80% CO_2 (Ke *et al.*, 1994). Não houve acumulação destes produtos de fermentação a 1% O_2 ou 0.5% O_2 , em combinação com 20% CO_2 (Ke *et al.*, 1990). A acumulação de metabolitos de fermentação não tem influência direta no acastanhamento da região cortical das maçãs (Fernandez-Trujillo *et al.*, 2001; Argenta *et al.*, 2002).

A influência de uma pressão parcial elevada de CO_2 é, no entanto mais complexa. CO_2 é um gás resultante do produto final da respiração, pelo que a presença deste diminui a taxa de respiração em maçãs e peras (Peppelenbos & van 't Leven, 1996; Hertog *et al.*, 1998; Kerbel *et al.*, 1998). De um modo geral, pressões parciais elevadas de CO_2 reduzem a via da glicólise (Kerbel *et al.*, 1998), o ciclo de Krebs (Shipway & Bramlage, 1973), induzem a fermentação (Ke *et al.*, 1994) e reduzem as concentrações de ácido ascórbico-L (Agar *et al.*, 1997; Veltman *et al.*, 1999; Larrigaudière *et al.*, 2001; Pinto *et al.*, 2001; Franck *et al.*, 2003).

As pressões parciais internas dos gases são influenciadas pelo manuseamento pós-colheita. Frutos que sofreram um arrefecimento antes do armazenamento em AC e ACD, contém maiores níveis de ATP, presumidamente devido ao facto destes frutos terem taxas de respiração mais elevadas (Saquet *et al.*, 2003).

É de notar que o mesmo fruto é suscetível de vários tipos de acastanhamentos internos, após conservação prolongada em atmosfera controlada. A causa para o aparecimento especificamente de cada tipo ainda não está totalmente fundamentada.

6.1.1. *Core browning*

Segundo Larrigaudière *et al.* (2004), são designadas por *core browning* lesões por senescência, cuja expressão dos sintomas é acelerada pelo armazenamento e pelas elevadas condições de CO₂. Em aspeto, aparecem como manchas castanhas, sem cavidades, restritas à região carpelar. As lesões são moles e húmidas ao toque.



Figura 8 - Sintomas de *core browning* em pera Rocha, na zona nuclear (Fonte própria).

6.1.2. *Cavidades brancas (sem necrose)*

Também designados como cavidades sem necrose, são orifícios na polpa, muitas vezes alongados e profundos, sem acastanhamento dos tecidos (Figura 9). Têm distribuição normalmente radial em torno da região carpelar podendo, no entanto, surgir na região proximal do fruto.

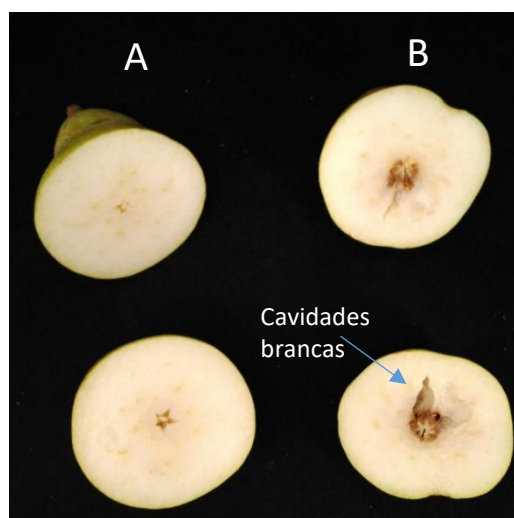


Figura 9 - Comparação de uma pera Rocha sã (A) e uma pera Rocha com cavidades brancas (B) (Fonte própria).

6.1.3. Cavidades com necrose (cavidades castanhas)

Por analogia às cavidades sem necrose, estes fenómenos são designados por cavidades castanhas. São pequenos orifícios na polpa, com acastanhamento dos tecidos, i.e., com presença de tecidos necrosados. São vulgarmente distribuídas na região radial ao redor da região carpelar, com aspecto seco dos tecidos. Não ocorrem em outros sítios da polpa, pelo que são facilmente identificadas.

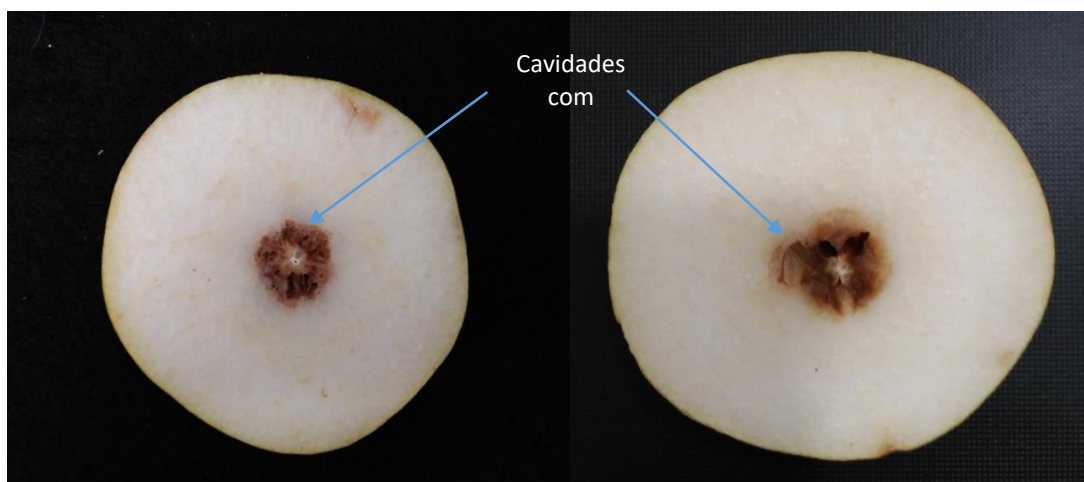


Figura 10 - Cavidades com necroses em dois frutos distintos de pera Rocha (Fonte própria).

6.1.4. Flesh browning

6.1.5. Acastanhamento da polpa, na maioria das vezes com início no centro do fruto, podendo expandir-se em casos severos, para grande parte da região cortical. Os tecidos apresentam um aspecto húmido e as lesões são firmes. Nalguns casos ocorrem áreas de polpa afetada intercaladas com tecidos claros e são (Figura 11).

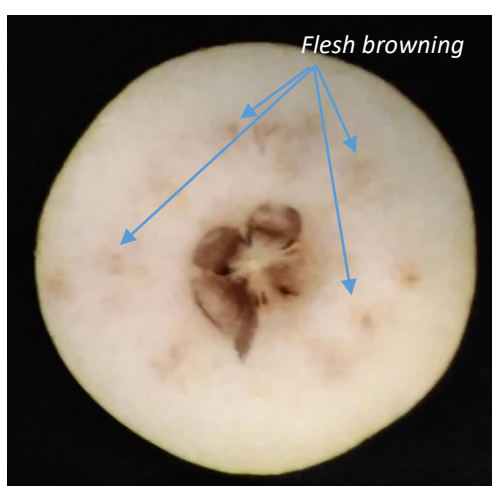


Figura 11 - Fruto de pera Rocha com lesões de flesh browning em redor da zona de feixes nucleares (Fonte própria)

6.1.6. Senescent breakdown

Acastanhamento generalizado da polpa causado pelo amadurecimento avançado. Normalmente os sintomas só se manifestam internamente, podendo torna-se visível externamente em casos severos. Os tecidos apresentam-se escuros, moles e húmidos.



Figura 12 – Fruto de pera Rocha num estado de maturação avançado após conservação prolongada em atmosfera controlada (Senescent breakdown) (Fonte própria).

III – Material e Métodos

1. Material vegetal

Os frutos de pera foram fornecidos pela empresa Frutalvor, C.R.L., sediada na freguesia de Alvorninha, Caldas da Rainha. Após a colheita de 2015, foram recolhidos cerca de 100 frutos por pomar, de dois produtores diferentes, armazenados em diferentes tipos de condições atmosféricas. A escolha dos pomares e do tipo de conservação foi feita após a colheita e já em período de conservação, pelo que não houve influência nos métodos usuais de conservação efetuados pela empresa. Para facilitar a consulta e análise de dados, atribui-se um código de numeração de pomares a cada parcela e para cada tipo de conservação (Tabela 8).

Tabela 8 - Informação das amostras recolhidas por parcelas e respetivas condições de conservação.

Código:	Localização da parcela	Tipo conservação	Calibre	Abertura da câmara	Nº câmara	% O ₂	% CO ₂	T (°C)	% HR
Pomar 1	Caldas da Rainha	ACD	60/65	Fev/Mar	30	0,7	0,5	-0,5	0,95
Pomar 2	Caldas da Rainha	AN	55/60	Fev/Mar	9	21	0,5	-0,5	0,95
Pomar 3	Caldas da Rainha	ACD	55/60	Dez/Jan	30	0,7	0,5	-0,5	0,95
Pomar 4	Caldas da Rainha	ACD	50/55	Fev/Mar	30	0,7	0,5	-0,5	0,95
Pomar 5	Rio Maior	ACD	55/60	Dez/Jan	28	0,7	0,5	-0,5	0,95
Pomar 6	Rio Maior	AC + SF	60/65	Dez/Jan	15	3,5	0,5	-0,2	0,95
Pomar 7	Cadaval	ACD	60/65	Dez/Jan	24	0,9	0,5	-0,5	0,95
Pomar 8	Cadaval	AC + SF	60/65	Dez/Jan	26	3,5	0,5	-0,2	0,95
Legenda: ACD – Atmosfera Controlada Dinâmica; AC + SF – Atmosfera Controlada e SmartFresh™; AN – Atmosfera Normal; HR – Humidade Relativa; T – Temperatura.									

O pomar 7 e o pomar 8 referem-se à mesma parcela de terreno, no entanto, neste trabalho serão distinguidos como pomares isolados, pelo facto de parte da colheita ser destinada a modalidades diferentes de conservação, Atmosfera Controlada Dinâmica (ACD) e Atmosfera Controlada com SmarFresh™ (AC + SF). Para cada parcela foram reunidas as informações de fertilização, análises de solo, análises foliares e análises à água de rega. Todas as parcelas dispõem de um sistema de rega gota-a-gota, localizado de 10 a 50 cm acima da superfície do solo. No caso do pomar 7 e do pomar 8 o plano de fertilização e as análises de solo, água e foliares obtidas são idênticas para ambos. Nos pomares 5, 6, 7 e 8 não há distribuição de adubo por fertirrega.

Os frutos foram colhidos com valores de firmeza entre 59 e 69 N (6,0 e 7,0 kg ½ cm⁻²), cor da epiderme predominante verde e teor de sólidos solúveis entre 11 e 13% (Tabela 9). Os valores de firmeza variam consoante a finalidade a curto prazo da fruta, neste caso, o objetivo era a conservação, tanto em atmosfera normal como em atmosfera controlada. Por isso os valores de firmeza são

superiores aos ideais para o consumo imediato. Caso as peras sejam colhidas para comercialização imediata os valores de firmeza devem estar compreendidos entre 4,5 e 5,5 kg 0,5 cm⁻², no estado de maturação ideal; se o objetivo for a conservação a médio e longo prazo os frutos são colhidos precocemente, com valores mais elevados de firmeza, entre 5,0 e 6,5 kg 0,5 cm⁻² de modo a garantir um amadurecimento climatérico

A fruta armazenada em atmosfera controlada dinâmica até dezembro/janeiro, foi mantida, por decisão do técnico responsável, em atmosfera controlada até à abertura das restantes câmaras de atmosfera controlada, o que ocorreu em fevereiro/março.

Tabela 9 - Produtividade e TSS (%), média, e produção em matéria seca para cada pomar.

Código	Produtividade Média (t ha ⁻¹)	TSS (%)	Produção Matéria Seca (t ha ⁻¹)
Pomar 1	30	11,8	3,5
Pomar 2	30	12,2	3,7
Pomar 3	35	12,0	4,2
Pomar 4	35	13,0	4,6
Pomar 5	25	13,1	3,3
Pomar 6	45	12,0	5,4
Pomar 7	40	12,2	4,9
Pomar 8	40	12,2	4,9

A produtividade de cada pomar corresponde à estimativa para a campanha de 2015. O TSS foi determinado à priori, com base no controlo de qualidade efetuado à receção da fruta. A estimativa da produtividade em matéria seca foi determinada considerando uma percentagem de matéria seca dos frutos igual ao TSS.

Os frutos foram escolhidos aleatoriamente após armazenamento prolongado nas respetivas câmaras. Estas foram abertas em períodos diferentes, entre dezembro 2015 e março 2016, mas para efeitos do ensaio foram mantidas em armazenamento até à recolha do material. As amostras foram depois transportadas para o Freshness Lab, no Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, onde foram caracterizadas e analisadas.

2. Análise de solo e fertilização

Após a recolha aleatória, as amostras de solo dos diversos pomares foram analisadas no EOR Laboratório de Análises Químicas, Lda. no Porto. As características dos solos estão apresentadas na Tabela 10. Em nenhum pomar foi encontrado quantidades percentuais de calcário ativo.

O peso de terra fina ("Massa_{TF}") num hectare, em toneladas, foi calculado através da equação 1.

$$Massa_{TF} = Dap \times profundidade \times 100^2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo Dap a densidade aparente média, tendo em conta a textura do solo, e a profundidade (m) o valor referente à profundidade a que foram realizadas as análises de terra, neste caso, 0,20 cm.

Tabela 10 - Descrição dos dados obtidos das análises de solo efetuadas aos pomares amostrados.

Parâmetro			Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7 Pomar 8
Análise Sumária	Textura		Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Média	Fina
	pH (H ₂ O)		7,30	6,50	7,30	7,40	5,68	7,00	6,55
	pH(KCl)		6,30	5,50	6,30	6,50	4,82	6,00	5,55
	Matéria orgânica	%	2,62	2,46	2,62	4,68	2,55	4,61	3,14
	Fósforo extraível	ppm P ₂ O ₅	525,00	628,00	525,00	748,00	66,60	60,00	50,50
	Potássio extraível	ppm K ₂ O	423,00	292,00	423,00	838,00	208,20	262,00	144,50
	Necessidade em cal	CaCO ₃ t ha ⁻¹	0,00	4,30	0,00	0,00	8,30	0,00	3,75
	Condutividade elétrica	mS/cm (25°C)	0,35	0,38	0,35	0,33	0,24	0,18	0,31
	Cálcio extraível	ppm Ca	1637,00	1103,00	1637,00	3067,00	743,00	3453,00	1411,50
	Magnésio extraível	ppm Mg	91,00	84,00	91,00	181,00	39,80	57,00	58,00
Complexo de Troca (CTC)	Ca ²⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	11,75	7,53	11,75	8,88	3,57	11,82	7,26
	Mg ²⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	1,42	1,19	1,42	2,29	0,79	0,95	0,97
	K ⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	0,43	0,17	0,43	1,26	0,20	0,17	0,18
	Na ²⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	0,05	0,08	0,05	0,14	0,04	0,03	0,08
	CTC	cmol ⁺ kg ⁻¹	13,65	13,27	13,65	12,57	11,52	13,22	9,98
	Acidez de troca	cmol ⁺ kg ⁻¹	0,00	4,30	0,00	0,00	6,92	0,24	1,51
	Soma das bases de troca	cmol ⁺ kg ⁻¹	13,65	8,97	13,65	12,57	4,60	12,98	8,47
	Saturação	%	100,00	67,57	100,00	100,00	40,55	98,17	86,71
Grau de Saturação do CTC	Ca ²⁺	%	86,10	56,70	86,10	70,70	31,60	89,40	74,35
	Mg ²⁺	%	10,50	9,10	10,50	18,20	6,84	7,20	9,70
	K ⁺	%	3,10	1,20	3,10	10,00	1,76	1,30	1,90
	Na ²⁺	%	0,30	0,60	0,30	1,10	0,36	0,30	0,75
	Acidez de troca (H ⁺ , Al ³⁺)	%	0,00	32,40	0,00	0,00	59,44	1,80	13,30
Micronutrientes	Ferro extraível	ppm Fe	162,00	209,00	162,00	245,00	76,20	235,00	168,50
	Cobre extraível	ppm Cu	8,70	12,50	8,70	24,10	14,64	26,50	17,45
	Manganês extraível	ppm Mn	71,00	107,00	71,00	198,00	49,40	39,00	99,00
	Zinco extraível	ppm Zn	6,40	9,40	6,40	8,00	19,22	18,00	4,80
	Boro solúvel em água	ppm B	1,26	1,01	1,26	1,26	0,79	0,92	0,79
Textura	Areia	%	40,81	23,20	40,81	26,14	35,05	32,86	30,43
	Argila	%	38,60	28,16	38,60	42,21	34,27	25,86	34,15
	Limo	%	20,59	48,64	20,59	31,65	30,68	41,32	35,42
	Classificação		Franco-Argilosa	Franco-Argilo-Limosa	Franco-Argilosa	Argilo-Limosa	-	Franco-Limosa	-
Outras	Carbonatos		Negativo	-	Negativo	Negativo	-	Negativo	-
	Cloretos	mg kg ⁻¹	3,74	6,44	3,74	3,43	4,52	5,04	5,39
	Azoto total	mg g ⁻¹ N	3,97	3,88	3,97	3,78	4,27	3,83	3,90
	Densidade aparente	g cm ⁻³	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,30	1,20

Os métodos utilizados na determinação dos nutrientes extraíveis, mais concretamente, dos macronutrientes principais foram os recomendados pelo Laboratório de Química Agrícola Rebelo da Silva (LQARS – INIAV). Sendo assim na determinação do fósforo e potássio extraíveis o método usualmente utilizado é o de Egner-Riehm modificado, utilizando lactato de amónio e ácido acético. Na determinação de magnésio extraível o método utilizado é o de acetato de amónio a pH neutro (7). Na determinação de micronutrientes, tais como o ferro, manganês, zinco e cobre extraíveis é utilizado acetato de amónio, ácido acético e EDTA. Quanto ao boro extraível é utilizado o método de água fervente, e relativamente a molibdénio é utilizado oxalato de amónio na determinação das quantidades extraíveis do solo (LQARS, 2006). A estimativa das quantidades extraíveis foi calculada multiplicando o peso de terra fina num hectare, em toneladas, pelas quantidades extraíveis de nutrientes obtidas, em miligrama por quilograma, e procedendo ao ajuste de unidades.

De acordo com os resultados das análises, o registo de fertilizações teve como objetivo a manutenção do estado ótimo nutricional das plantas. Sendo assim foi estabelecido para os pomares de cada produtor um plano de fertilização idêntico (Tabela 11 e Tabela 12). Todos os adubos utilizados foram do tipo inorgânico.

Tabela 11 - Registo de fertilização das parcelas 1, 2, 3 e 4, para o ano de 2015.

Data de aplicação	Produto fertilizante	Via de aplicação	Método de aplicação	Dosagem (kg ha ⁻¹)	Unidades por adubo							
					N	P	K	Mg	S	Ca	B	Zn
17/mar	Yara 15-15-15	Solo	Adubador	150,0	15,0	6,5	12,5	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0
17/mar	Entec Nitrofoska 14-7-17 + 2%Mg-22,5%S	Solo	Adubador	150,0	14,0	3,1	14,1	1,2	9,0	0,0	0,0	0,0
17/mar	Adubo Expertia Elite 10-10-17-2%Mg + 20%S	Solo	Adubador	150,0	10,0	4,4	14,1	1,2	8,0	0,0	0,0	0,0
15/jun a 10/ago	Ácido Nítrico 13-0-0	Fertirrega	Correção de pH	15,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15/jun a 10/ago	Nitrato Cálcio Rega 15,8-0-27,5%Ca	Fertirrega	Rega	25,0	15,8	3,5	0,0	0,0	0,0	27,5	0,0	0,0
15/jun a 10/ago	Nitrato Potássio cristalino 5-0-46	Fertirrega	Rega	25,0	5,0	0,0	38,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15/mar	Borax (11%)	Foliar	Adubador	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0

Tabela 12 - Registo de fertilização das parcelas 5, 6, 7 e 8, para o ano de 2015.

Data de Aplicação	Produto Fertilizante	Via de aplicação	Método de aplicação	Dosagem (kg ha ⁻¹)	Unidades por adubo:							
					N	P	K	Mg	S	Ca	B	Zn
15/mar	Entec Nitrofoska 14-7-17 + 2%Mg-22,5%S	Solo	Adubador	300,0	14,0	3,1	14,1	1,2	9,0	0,0	0,0	0,0
28/mai	Sulfato de Amónio 20,5-0-0-60%S	Solo	Adubador	100,0	20,5	0,0	0,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0
17/mar	Borax (11%)	Foliar	Adubador	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0

Relativamente a boro são realizadas duas aplicações, uma antes da floração e outra após a colheita, de acordo com as recomendações (DGADR, 2012). A respetiva dosagem deste nutriente na Tabela 11 e Tabela 12 contempla ambas as aplicações.

De modo complementar ao plano de fertilização e às análises realizadas ao solo, foram recolhidas amostras de folhas de diversas árvores dos pomares, para posterior análise. Os resultados obtidos nestas análises foliares permitiram perceber a eficácia do plano de fertilização, de acordo com o estado nutricional das folhas.

3. Análises de água de rega

Para cada pomar de cada produtor foram recolhidas amostras de água providas de poços, furos ou cursos de água, responsáveis pela irrigação das parcelas. As análises de água foram realizadas em 2013 pelo EOR Laboratório de Análises Químicas, Lda. no Porto, sendo que os resultados analíticos, referentes aos pomares deste ensaio, foram transpostos para a Tabela 13.

Tabela 13 - Resultado das análises à água de rega dos pomares dos ensaios.

Código			Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7 Pomar 8
Índices	Dureza	mg L ⁻¹ CaCO ₃	317,60	304,60	317,60	25,80	42,40	78,40	245,70
	Índice de saturação		-0,26	-0,12	-0,26	-0,02	-3,16	-1,93	-0,64
	Coeficiente alcalimétrico		0,50	0,64	0,50	0,43	2,27	1,57	1,13
	Relação Ca/Mg		2,60	5,30	2,60	1,94	1,60	6,43	7,16
	Relação Ca/Na		1,10	1,71	1,10	0,03	0,46	1,33	2,58
Risco de	pH		7,40	7,50	7,40	8,70	5,90	6,50	6,90
	STD	g L ⁻¹	637,00	547,80	637,00	503,00	112,50	155,50	393,00
	Índice de Langelier		-0,25	-0,12	-0,25	-0,02	-3,20	-1,97	-0,65
	Ferro	mg L ⁻¹	0,03	0,02	0,03	0,01	0,05	0,10	0,23
	Manganês	mg L ⁻¹	0,06	0,01	0,06	0,01	0,02	0,02	0,10
Condutividade elétrica		mS cm ⁻¹ (25°C)	1,00	0,86	1,00	0,79	0,18	0,24	0,61
pH			7,40	7,50	7,40	8,70	5,90	6,50	6,90
Sólidos em suspensão		mg L ⁻¹	1,70	1,50	1,70	1,50	1,02	0,83	1,47
Aniões	Cl ⁻	mg L ⁻¹	145,60	113,60	145,60	166,90	32,00	46,20	63,90
	SO ₄ ²⁻	mg L ⁻¹	95,20	94,00	95,20	85,50	55,40	51,40	128,50
	CO ₃ ²⁻	mg L ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-
	CO ₃ H ⁻	mg L ⁻¹	94,60	85,40	94,60	1129,00	30,50	39,70	112,90
	NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	19,90	19,50	19,90	21,30	34,90	21,30	14,30
	P	mg L ⁻¹	0,02	0,04	0,02	0,02	-	-	-
	Cl ⁻	mg L ⁻¹	145,60	113,60	145,60	166,90	32,00	46,20	63,90
Catiões	Ca ²⁺	mg L ⁻¹	77,80	93,00	77,80	5,60	8,40	25,00	80,00
	Mg ²⁺	mg L ⁻¹	30,00	17,60	30,00	29,00	5,20	3,90	11,20
	Na ⁺	mg L ⁻¹	70,80	54,40	70,80	168,00	18,20	18,80	31,00
	K ⁺	mg L ⁻¹	12,50	2,50	12,50	5,20	-	-	-
	NH ₄ ⁺	mg L ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-
Microelementos	B ⁻	mg L ⁻¹	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	0,04	0,06
	Fe	mg L ⁻¹	0,03	0,02	0,03	0,01	0,05	0,10	0,23
	Mn	mg L ⁻¹	0,06	0,01	0,06	0,01	0,02	0,02	0,10
	Razão de absorção de sódio		1,73	1,36	1,73	14,40	1,21	0,92	0,86
	SAR ajustado		2,94	2,31	2,94	8,64	0,61	0,74	1,38
	Carbonato de sódio residual	meq L ⁻¹	-4,80	-4,69	-4,80	1,34	-0,35	-0,92	-3,06

4. Análises das folhas e dos frutos

4.1. Análises de folhas

Foram recolhidas folhas do terço médio superior dos ramos de árvores aleatórias de cada pomar, sendo que estas foram posteriormente enviadas para análise. As amostras recolhidas, entre 3 e 17 de agosto de 2015, foram enviadas para análise em laboratórios independentes diferentes. As amostras dos pomares 1, 2, 3 e 4 foram enviadas para o laboratório EOR Laboratório de Análises Químicas Lda., sediado em Porto, Portugal, ao invés das amostras dos pomares 5, 6, 7 e 8 que foram analisadas pelo

laboratório C+E Analítica, S.L., sediado em Sevilha, Espanha. Os resultados das análises estão listados na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados das análises foliares efetuadas relativamente a cada pomar.

Código		Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7 Pomar 8
Macronutrientes (%)	N	2,32	2,12	2,32	2,43	2,24	2,27	2,40
	P	0,03	0,04	0,03	0,03	0,18	0,17	0,16
	K	0,89	1,10	0,89	0,97	1,03	1,07	0,85
	Ca	2,01	2,00	2,01	1,52	1,30	1,57	1,98
	Mg	0,79	0,80	0,79	0,46	0,39	0,32	0,28
Micronutrientes principais (mg kg ⁻¹)	Cu	63,00	51,00	63,00	52,00	9,33	9,06	8,93
	Fe	34,00	55,00	34,00	36,00	79,61	108,29	86,48
	Mn	168,00	226,00	168,00	188,00	75,25	77,12	156,85
	Zn	33,00	25,00	33,00	29,00	24,93	30,94	29,11
Outros micronutrientes	B (mg kg ⁻¹)	18,00	22,00	18,00	27,00	38,86	20,54	30,71
	S (%)	0,07	0,08	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00
	Na (%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00
	Mo (mg kg ⁻¹)	7,91	6,84	7,91	0,47	1,08	0,72	1,52

4.2. Medição da cor

A cor da epiderme dos frutos foi medida com um colorímetro Minolta CR 300 (Konica Minolta, Tóquio, Japão), no espaço de cor CIEL*a*b*. A calibração do colorímetro efetuou-se com o padrão de referência (L* = 97,10; a* = 0,08; b* = 1,80). Por leitura direta no aparelho obtiveram-se os parâmetros L*, a* e b*.

Com estes parâmetros base foram calculadas a saturação ou cromaticidade da cor C* (Eq. 2) e o ângulo de tonalidade (h°) (Eq. 3).

$$C^* = \sqrt{a^* + b^*} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{Eq. 3})$$

Foram analisados um total de 15 frutos, em 3 repetições, para cada amostra. Estes frutos foram ainda utilizados na avaliação da incidência e severidade de acastanhamentos internos.

4.3. Determinação da firmeza

A firmeza foi determinada com um penetrómetro manual, modelo FT 327 (Facchini, Itália), para maçãs e peras. Foi utilizada a ponteira de 8 mm nas medições de pera 'Rocha', após remoção de uma fina camada da epiderme. Foram analisados 15 frutos no total, em 3 repetições, para cada amostra.

Estes frutos foram ainda utilizados na avaliação da incidência e severidade de acastanhamentos internos.

4.4. Incidência a acastanhamentos internos

A incidência de acastanhamentos internos nas peras foi avaliada por meio de 3 cortes transversais nos frutos. Foi realizada a contagem de frutos que apresentavam lesões internas de cada tipo de escurecimento, para cada amostra, em qualquer uma destas secções. Na Figura 13 está esquematizado o corte de um fruto.

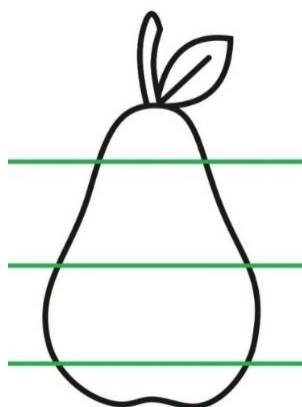


Figura 13 – Esquema de cortes transversais em pera.

A avaliação da severidade para um determinado tipo de acastanhamento interno foi feita de acordo com escala indicada na Tabela 15.

Tabela 15 - Escala de severidade para acastanhamentos internos.

Acastanhamento Interno:	
0	Sem acastanhamentos Internos
1	1 a 10% com acastanhamentos internos
2	11% a 25% com acastanhamentos internos
3	26% a 50% com acastanhamentos internos
4	> 50% com acastanhamentos internos

De forma idêntica, a severidade do escaldão superficial da epiderme foi categorizada como indicado na Tabela 16.

Tabela 16 - Escala de severidade para escaldão superficial da epiderme.

Escaldão Superficial:	
0	Sem escaldão
1	1 a 10% da superfície do fruto afetada
2	11% a 25% da superfície do fruto afetada
3	26% a 50% da superfície do fruto afetada
4	> 50% da superfície do fruto com escaldão

O índice de severidade reflete o peso relativo, consoante a severidade, de cada tipo de acidente fisiológico, tendo sido calculado de acordo com a Equação 4.

$$\text{Índice} = \sum_{i=1}^n \frac{(N_i \times i)}{N_{\text{Total}}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo que “i” corresponde ao grau de severidade (1 a 4) e “N_i” o número de frutos contados com essa severidade. O denominador “N_{total}” representa o número total de frutos por amostra, neste caso 100 frutos.

4.5. Determinação do teor de minerais

Foram recolhidos cilindros de diâmetro 10 mm e altura de cerca de 10 mm, a partir dos cortes efetuados na região central de frutos lesados e sãos. Para efeitos estatísticos, foram recolhidos 3 sacos de cilindros de frutas lesadas e frutas sãs, das frutas dos pomares. Em média cada saco tinha 80 gramas.

Posteriormente, foram armazenados num congelador, de 0 °C a -2 °C, para futura análise.

As amostras foram trituradas com um moinho de facas, até atingir a consistência de pó. Foram então colocadas em estufa a cerca de 90 °C durante três semanas, até peso constante. Após a estabilização do peso as amostras foram armazenadas num exsicador.

A determinação do teor de minerais foi realizada no Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, por meio de combustão seca, análise elementar PE-02-LQARS/LAP (Edição nº1, 20-01-2015) para o azoto total, e, por método via seca de espectrometria de emissão de plasma com detetor ótico PE-03-LQARS/LAP (Edição nº1, 20-01-2015) para fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco, cobre e boro totais.

Para cada pomar que apresentava fruta com lesões foram recolhidos cilindros de amostras de fruta com lesões de qualquer tipo de acastanhamentos internos e amostras de frutas sãs. Nas frutas dos pomares que não apresentavam qualquer tipo de lesões devido a acastanhamentos internos não foram recolhidos cilindros de amostras para análise.

No total obteve-se 28 amostras, incluindo as repetições, que foram identificadas de acordo com o pomar, presença de lesão (lesada ou sã) e repetição. Foram recolhidos cilindros lesados e sãos de frutas dos Pomares 1, 5, 6, 7 e 8.

O teor em minerais nas amostras de pera foi determinado pelo INIAV – Laboratório Químico Rebelo da Silva. Os resultados foram obtidos em gramas de nutrientes por cada 100 gramas de matéria

seca, no caso de N, P, K, Mg, Ca, e miligrama de nutriente, para Fe, Mn, Zn, Cu, B, por cada quilograma de matéria seca.

Após a obtenção dos resultados das análises, foi estipulada a quantidade de nutrientes exportada por hectare, com base no TSS (%) médio e na produtividade média de cada pomar.

5. Análise dos resultados

Foi efetuada a análise de correlação entre a incidência de acastanhamentos internos e a quantidade de nutrientes disponíveis no solo, nas folhas e nos frutos e ainda com as quantidades administradas pelas matérias fertilizantes, através do coeficiente de correlação de Pearson. A análise foi efetuada com a versão 8 do software StatSoft Statistica.

Nas correlações efetuadas entre a incidência de acastanhamentos internos e o teor de nutrientes disponíveis nos solos, nas folhas e administrados pela adubação foram utilizadas as informações de todos os pomares (n=8). Porém, na correlação entre a incidência de acastanhamentos internos e o teor de nutrientes nos frutos a dimensão da amostra foi apenas os pomares 1, 5, 6, 7 e 8 (n=5), visto serem os únicos onde foi possível obter estes resultados.

IV – Resultados

1. Disponibilidade de nutrientes no meio edáfico

1.1. Análises de solo e cálculo das quantidades de nutrientes no solo

Tendo como base os resultados das análises ao solo dos pomares (Tabela 8), determinou-se as quantidades extraíveis de nutrientes, considerando a massa de terra firme presente numa área de um hectare, à profundidade de 20 cm (Tabela 17).

Tabela 17 - Determinação das quantidades extraíveis de nutrientes, a partir das análises de solo.

Código		Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7 Pomar 8
Peso terra fina num hectare (t):		2400	2400	2400	2400	2400	2600	2400
Fósforo extraível (P₂O₅)	kg ha ⁻¹	1260	1507	1260	1795	160	144	121
Fósforo extraível (P)	kg ha ⁻¹	550	658	550	783	70	63	53
Potássio extraível (K₂O)	kg ha ⁻¹	1015	701	1015	2011	500	629	347
Potássio extraível (K)	kg ha ⁻¹	843	582	843	1670	415	522	288
Magnésio extraível	kg ha ⁻¹	218	202	218	434	96	137	139
Ferro extraível	kg ha ⁻¹	389	502	389	588	183	564	404
Cobre extraível	kg ha ⁻¹	21	30	21	58	35	64	42
Manganês extraível	kg ha ⁻¹	170	257	170	475	119	94	238
Zinco extraível	kg ha ⁻¹	15	23	15	19	46	43	12
Boro solúvel em água	kg ha ⁻¹	3	2	3	3	2	2	2
Cálcio no solo	kg ha ⁻¹	3929	2647	3929	7361	1783	8287	3388

Não foi considerado neste trabalho a taxa mineralização anual da matéria orgânica existente no solo. Da mesma forma também não foi considerado a quantidade total de azoto no solo, visto ser um elemento bastante móvel nas formas solúveis. Todos os cálculos foram efetuados compreendendo a utilização total dos minerais presentes no solo, não atribuindo qualquer percentagem de perdas pelos processos físicos do solo, como arrastamento, lixiviação ou percolação no solo. Os resultados apresentados na Tabela 17 assumem que estão disponíveis para as plantas a totalidade de nutrientes extraíveis do solo. Na realidade a quantidade de nutrientes extraíveis do solo por métodos químicos não corresponde à capacidade de absorção pelas plantas, recorrendo-se a coeficientes de utilização para estimar a disponibilidade. Quelhas dos Santos (2015) refere como indicativos os coeficientes de utilização de 20% para o fósforo e 45% para o potássio. No caso das árvores de fruto em solos muito calcários e para o fósforo aplicado através dos adubos, Quelhas dos Santos (2015) refere um valor de 5%.

As aplicações foliares permitem alcançar resultados rápidos e diretos sobretudo aos órgãos superiores das plantas, neste caso as folhas e os frutos. Apesar disso, são aplicações que atingem a sua

eficácia máxima em condições climáticas ideais, i.e., em condições de céu limpo, sem precipitação e vento reduzido ou nulo.

A quantidade estimada de nutrientes que foi distribuída nos pomares foi calculada tendo em conta a dose aplicada e a formulação dos nutrientes no adubo, tendo sido posteriormente convertida, pela massa molar, na mesma unidade de nutriente, de modo a ser possível calcular as quantidades totais de elemento nutricional por pomar (Tabela 18 e Tabela 19).

Tabela 18 - Cálculo das quantidades de nutrientes distribuídas por dose de adubo aplicado nos pomares 1, 2, 3 e 4.

Produto fertilizante	Quantidade de adubo	Quantidade de nutrientes por adubo e dosagem (kg ha ⁻¹)							
		N	P	K	Mg	S	Ca	B	Zn
Yara 15-15-15	150 kg ha ⁻¹	22,5	9,8	18,7	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0
Entec Nitrofoska 14-7-17 + 2Mg-22,5%S	150 kg ha ⁻¹	21,0	4,6	21,2	1,8	13,5	0,0	0,0	1,5
Adubo Expertia Elite 10-10-17-2Mg + 20%S	150 kg ha ⁻¹	15,0	6,5	21,2	1,8	12,0	0,0	0,0	3,0
Ácido Nítrico 13-0-0	15 kg ha ⁻¹	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato Cálcio Rega 15,8-0-27,5%Ca	25 kg ha ⁻¹	4,0	0,9	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0
Nitrato Potássio cristalino 5-0-46	25 kg ha ⁻¹	1,3	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Borax 11%	6 kg ha ⁻¹	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Total (kg ha⁻¹)		65,7	21,8	70,6	3,6	34,7	6,9	6,7	4,5

Tabela 19 - Cálculo das quantidades de nutrientes distribuídas por dose de adubo aplicado nos pomares 5, 6, 7 e 8.

Produto fertilizante	Quantidade de adubo	Quantidade de nutrientes por adubo e dosagem (kg ha ⁻¹)							
		N	P	K	Mg	S	Ca	B	Zn
Entec Nitrofoska 14-7-17 + 2Mg-22,5%S	300 kg ha ⁻¹	42,0	9,2	42,3	3,6	27,0	0,0	0,0	0,0
Sulfato de Amónio 20,5-0-0-60%S	100 kg ha ⁻¹	20,5	0,0	0,0	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0
Borax 11%	6 kg ha ⁻¹	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Total (kg ha⁻¹)		62,5	9,2	42,3	3,6	51,1	0,0	0,7	0,0

As quantidades de azoto administradas em todos os pomares permitem prever produtividades ligeiramente acima às esperadas 40 t ha⁻¹ (Tabela 20), de acordo com as recomendações de fertilização do Manual de Fertilização de Culturas Agrícolas (LQARS, 2006). Os valores de P₂O₅ e K₂O encontram-se acima do recomendado para os pomares 1, 2, 3 e 4. Quanto aos restantes pomares 5, 6, 7 e 8, os valores de fósforo, potássio e magnésio encontram-se abaixo do recomendado para a produtividade referida (Tabela 20).

Tabela 20 - Comparação global das quantidades de nutrientes administradas pela fertilização nos pomares e as recomendações sugeridas para uma produtividade média de 40 t ha⁻¹ (LQARS, 2006).

Pomares/Códigos	Quantidade de Nutrientes por adubo e dosagem (kg ha ⁻¹):							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	Ca	B	Zn
Pomar 1, Pomar 2, Pomar 3, Pomar 4	65,7	50,0	85,0	3,6	34,7	6,9	0,7	4,5
Pomar 5, Pomar 6, Pomar 7, Pomar 8	62,5	21,0	51,0	3,6	51,1	0,0	0,7	0,0
Recomendações ¹ (40 t ha ⁻¹)	30 - 50	20,0	75,0	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0

1.2. Fornecimento de nutrientes através da água de rega

Na impossibilidade de determinar com rigor as quantidades de água de rega aplicadas a cada pomar ao longo do ano de 2015, estipulou-se um valor médio para todos os pomares. Sendo assim, o gasto anual de água de rega varia entre os 2000 e 2500 m³ de água por hectare, tendo sido considerado o valor médio de 2250 m³ ha⁻¹.

O cálculo do teor de nutrientes por hectare, distribuído por esta quantidade de água encontra-se na Tabela 21.

Tabela 21 - Comparação dos valores totais de nutrientes distribuídos na água de rega, por pomar, considerando um gasto médio de água de 2250 m³ ha⁻¹ em todos os pomares.

Código		Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7 e Pomar 8
Azoto total NO ₃ ⁻	kg ha ⁻¹	44,8	43,9	44,8	47,9	78,5	47,9	32,2
Azoto total N	kg ha ⁻¹	10,1	9,9	10,1	10,8	17,7	10,8	7,3
Fósforo total P	kg ha ⁻¹	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Potássio total K	kg ha ⁻¹	28,1	5,6	28,1	11,7	0,0	0,0	0,0
Magnésio total	kg ha ⁻¹	67,5	39,6	67,5	65,3	11,7	8,8	25,2
Cálcio total	kg ha ⁻¹	175,1	209,3	175,1	12,6	18,9	56,3	180,0
Boro total	kg ha ⁻¹	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinco total	kg ha ⁻¹	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Ferro total	kg ha ⁻¹	0,1	0,0	0,3	0,0	3,9	0,6	9,0

O cálculo das quantidades de nutrientes disponíveis por rega pressupõe que todos os catiões e aniões presentes em solução, estão disponíveis sem restrições para a cultura. O cálculo do azoto total foi efetuado de acordo com o fator de conversão (0,22581) entre a massa molar do azoto elementar N e do azoto nítrico NO₃⁻, pelo que ambos determinam a mesma quantidade de azoto presente na água.

Dos elementos em causa apenas o boro tem associado um valor máximo recomendável (VMR) e um valor máximo admissível (VMA), de acordo com o decreto-Lei 236/1998 de 1 de agosto. Neste caso, as informações do laboratório de análise estipulam um VMR de 0,30 mg L⁻¹ e um VMA de 3,75 mg L⁻¹, sendo que nenhum valor obtido nas análises da água dos pomares alcançou o VMR (Tabela 13).

2. Nutrientes nas folhas e frutos

2.1. Concentração de nutrientes nas folhas

Embora sejam laboratórios diferentes as avaliações do estado nutricional das folhas têm como base os valores recomendados pelo Manual de Fertilização das Culturas (LQARS, 2006), no entanto os métodos utilizados na obtenção dos resultados podem diferir. Na Tabela 22 encontra-se a estimativa efetuada, de nutrientes disponíveis nas folhas, com base nas análises foliares, por quilograma de matéria seca.

Tabela 22 - Concentração de nutrientes nas folhas de pereira Rocha, por quilograma de matéria seca.

Código:	Total nutrientes disponíveis (Folhas)							
	N	P	K	Mg	Ca	B	Zn	Cu
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Pomar 1	23,2	0,3	8,9	7,9	20,1	18,0	33,0	63,0
Pomar 2	21,2	0,4	11,0	8,0	20,0	22,0	25,0	51,0
Pomar 3	23,2	0,3	8,9	7,9	20,1	18,0	33,0	63,0
Pomar 4	24,3	0,3	9,7	4,6	15,2	27,0	29,0	52,0
Pomar 5	22,4	1,8	10,3	3,9	13,0	38,9	24,9	9,3
Pomar 6	22,7	1,7	10,7	3,2	15,7	20,5	30,9	9,1
Pomar 7	24,0	1,6	8,5	2,8	19,8	30,7	29,1	8,9
Pomar 8	24,0	1,6	8,5	2,8	19,8	30,7	29,1	8,9

Existiram diferenças entre pomares. Os pomares 5, 6, 7 e 8 apresentam uma maior quantidade de fósforo nas folhas. Os pomares 1, 2, 3 e 4 apresentam, no entanto, os valores mais elevados de magnésio e cálcio. O pomar 2 apresenta valores elevados de potássio, magnésio e cálcio, quando comparados com os restantes pomares. Quanto ao boro, é possível destacar os pomares 5, 7, 8 e 4 como os mais nutridos, por ordem decrescente.

Comparando os resultados das análises com os valores de referência é possível constatar algumas carências e ligeiros excessos de alguns nutrientes (Tabela B.2, em anexo). Relativamente ao fósforo os valores determinados nas folhas, para os pomares 1, 2 e 3 apresentam-se significativamente abaixo do limite inferior, 0,90 g por cada 100 g de matéria seca, estabelecido pela referência do Manual de Fertilização das Culturas (LQARS, 2006). Relativamente a magnésio, os valores obtidos nas análises dos pomares 1, 2 e 3 excedem significativamente o valor limite de referência de 0,50%. Quanto a cobre, os valores excedem o limite referenciado de 20,0 mg por kg de matéria seca, nos pomares 1, 2, 3 e 4. Relativamente ao boro, os pomares 1 e 3 apresentam valores inferiores ao limite inferior de referência de 20,0 mg kg⁻¹ de matéria seca, enquanto os pomares 5, 7 e 8 excedem o limite superior de referência de 30,0 mg kg⁻¹ de matéria seca. Todos os outros nutrientes encontram-se dentro dos valores de referência.

2.2. Concentração de nutrientes nos frutos

A análise às composições minerais das amostras foi efetuada apenas na fruta que apresentava resultados significativos quanto à incidência de acastanhamentos internos (de acordo com os referidos na página 33), de modo a poderem ser comparadas, dentro do mesmo pomar, amostras sãs e lesadas. É de salientar que deviam ter sido recolhidas amostras de todos os pomares para este tipo de análise, mesmo que não apresentassem sintomas de acastanhamentos internos, para quantificar um valor médio de nutrientes por fruto do pomar.

Tabela 23 - Resultados das análises químicas das amostras recolhidas e preparadas, por quilograma de matéria seca.

Código	Tipo		Concentração (g kg ⁻¹)					Concentração (mg kg ⁻¹)				
			N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Pomar 1	S	Média	3,9	1,4	15,0	0,7	0,6	13,5	3,2	11,2	11,5	10,7
		DP	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,2	1,4	0,3
Pomar 1	L	Média	3,6	1,6	15,5	0,6	0,7	17,5	3,7	12,3	13,7	11,1
		DP	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	1,5	0,2	0,4	4,1	0,2
Pomar 5	S	Média	3,7	1,0	11,0	0,5	0,5	25,7	3,1	13,9	7,2	11,0
		DP	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,4	1,7	1,1	0,1
Pomar 5	L	Média	4,4	1,0	11,0	0,4	0,5	18,7	3,6	11,6	7,4	11,0
		DP	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,2	0,3	0,6	0,3
Pomar 6	S	Média	2,9	1,4	13,3	0,9	0,5	22,3	1,8	8,0	9,5	22,1
		DP	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	6,0	0,8	0,2	1,3	0,3
Pomar 6	L	Média	3,4	1,4	13,7	0,7	0,5	19,0	1,7	9,0	7,7	17,9
		DP	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,8	0,0	0,3	1,2	0,2
Pomar 7	S	Média	4,6	1,0	10,3	0,4	0,4	14,3	2,6	10,2	10,2	7,9
		DP	0,3	0,1	0,5	0,0	0,0	3,3	0,3	2,6	6,7	0,4
Pomar 7	L	Média	3,6	1,1	11,7	0,5	0,5	14,3	2,6	10,5	7,2	7,9
		DP	0,1	0,1	0,9	0,0	0,0	2,1	0,3	1,6	1,5	0,6
Pomar 8	S	Média	3,7	1,0	10,3	0,5	0,4	15,0	3,3	8,9	5,1	11,7
		DP	0,2	0,1	0,5	0,0	0,0	2,4	0,4	1,4	2,2	0,2
Pomar 8	L	Média	3,3	1,0	11,0	0,4	0,4	16,3	3,8	8,1	5,1	8,5
		DP	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,4	2,2	0,2
Legenda: S - Fruta sem defeito; L - Fruta lesada/com defeito; DP – Desvio Padrão												

Todas as amostras apresentaram valores cálcio inferiores a 1 grama por cada quilograma de matéria seca. O mesmo sucedeu para o magnésio. Os resultados obtidos de frutas sãs e lesadas, para cada pomar, podem ser consultados no VIII – Anexos E.

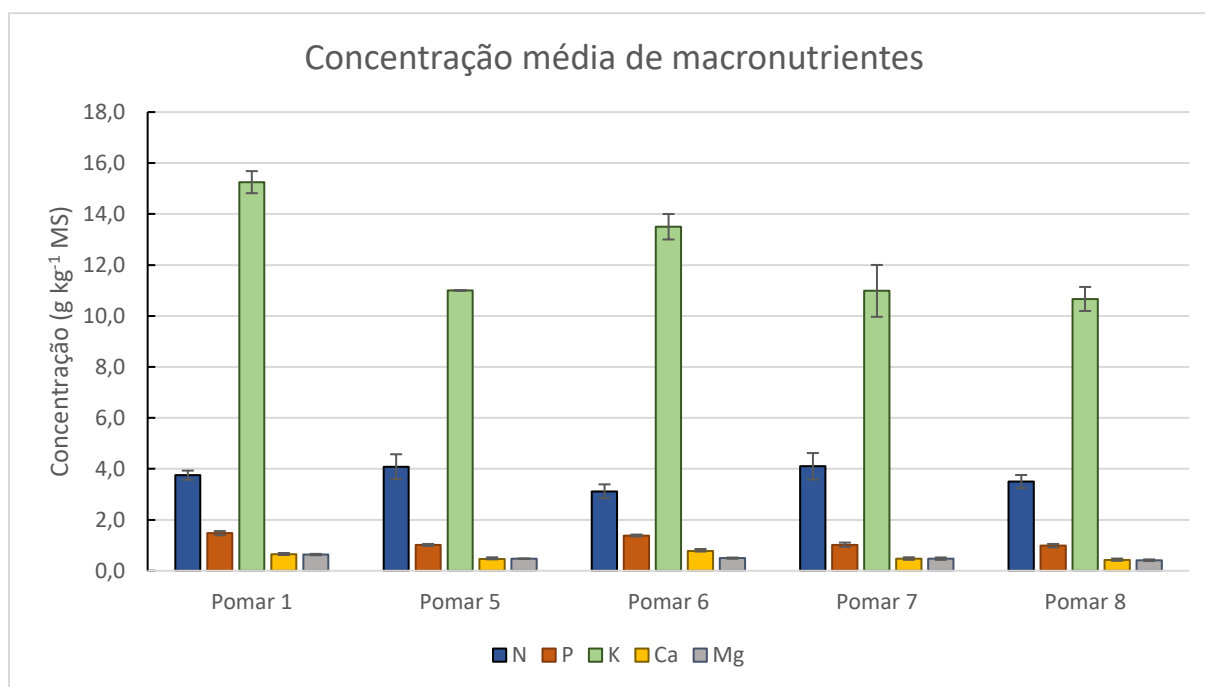


Figura 14 - Concentração média de macronutrientes (g kg^{-1} MS) nas peras dos pomares amostrados. A barra de erro é referente ao desvio padrão, positivo e negativo.

Comparando a média dos valores obtidos entre pomares é possível identificar algumas diferenças significativas, sobretudo no que diz respeito ao potássio (Figura 14). Em média, os valores obtidos de nutriente, tanto em fruta lesada como em fruta sã, foram superiores no pomar 1 e no pomar 6. Os valores de N foram ligeiramente inferiores nos pomares 6 e 8.

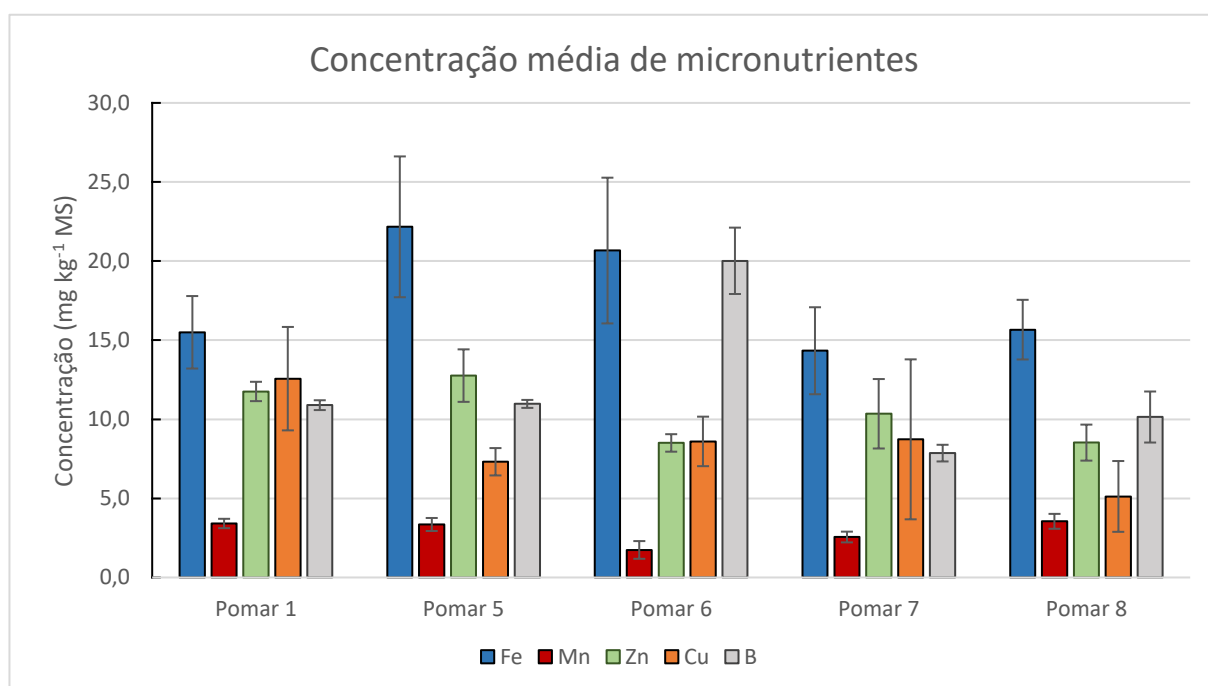


Figura 15 - Concentração média de micronutrientes (mg kg^{-1} MS) das peras dos pomares amostrados. A barra de erro é referente ao desvio padrão, positivo e negativo.

Relativamente a micronutrientes é possível constatar diferenças significativas nas quantidades médias de ferro, zinco e boro, tanto em fruta lesada como sã (Figura 15). A amostra do pomar 5 apresentou os níveis mais elevados de ferro, seguindo-se o pomar 6. Relativamente ao zinco é de destacar o pomar 6, apesar de ter sido verificado um valor muito díspar numa medição (Tabela 23), o que faz aumentar tanto a média como o desvio padrão. Não obstante este facto, os valores de zinco nos pomares 1 e 5 foram superiores aos determinados para os pomares 7 e 8. Quanto ao boro é de evidenciar diferenças significativas relativamente ao pomar 6, alcançando um valor médio de 20 mg por kg de matéria seca.

A partir do valor médio de nutrientes, calculado a partir das análises minerais, da produtividade média e do valor médio em TSS, para cada pomar, estipulou-se as quantidades de nutrientes passíveis de ser exportadas, por quilograma de matéria seca e por hectare (Tabela 24).

Tabela 24 - Estimativa da exportação de nutrientes dos frutos por hectare.

Código	Exportação de nutrientes dos frutos							
	N	P	K	Mg	Ca	B	Zn	Cu
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹
Pomar 1	13,3	5,2	54,0	2,2	2,3	38,6	41,6	44,5
Pomar 2	-	-	-	-	-	-	-	-
Pomar 3	-	-	-	-	-	-	-	-
Pomar 4	-	-	-	-	-	-	-	-
Pomar 5	13,3	3,3	36,0	1,5	1,5	35,9	41,7	23,9
Pomar 6	16,8	7,5	72,8	2,7	4,2	107,9	45,9	46,4
Pomar 7	20,0	5,0	53,6	2,3	2,3	38,4	50,5	42,7
Pomar 8	17,1	4,8	52,1	2,0	2,1	49,5	41,6	25,0

Não há valores estimados para os pomares 2, 3 e 4, pelas razões anteriormente citadas. Destaque para o pomar 6 que apresenta os valores estimados mais elevados de fósforo, potássio, magnésio, cálcio e boro, nas respetivas unidades.

2.3. Balanço global de nutrientes

Consideremos o total de nutrientes disponíveis para as árvores, em kg ha⁻¹, o somatório dos valores dos nutrientes fornecidos pela fertilização, os nutrientes presentes no solo e os presentes na água de rega. Neste caso serão designados de *pool* de entrada os nutrientes disponíveis por estas vias, e *pool* de saída os nutrientes presentes nas folhas e frutos. A diferença entre entradas e saídas compreende a quantidade de nutrientes que não é aproveitada ou que é armazenada nas estruturas permanentes das árvores.

Tabela 25 - Determinação do total de nutrientes disponíveis (kg ha^{-1}) provindos do solo, água de rega e fertilização, com base numa produtividade média de 40 t ha^{-1} (LQARS, 2006).

Código:	Total nutrientes disponíveis (solo + fertilização + água de rega)								
	N	P	K	Mg	Ca	B	Zn	Cu	Fe
	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}	kg ha^{-1}
Pomar 1	103	600	956	290	4111	4	15	21	389
Pomar 2	102	708	672	245	2863	3	23	30	502
Pomar 3	103	600	956	290	4111	4	15	21	389
Pomar 4	105	834	1766	503	7380	4	19	58	588
Pomar 5	127	91	466	111	1802	3	46	35	187
Pomar 6	102	84	573	149	8343	3	43	64	565
Pomar 7	89	74	339	168	3568	3	12	42	413
Pomar 8	89	74	339	168	3568	3	12	42	413
Recomendações ¹	30 - 50	46	90	17	-	-	-	-	-

É de salientar que os valores estimados de azoto compreendem apenas a fertilização e a água de rega. Os quatro primeiros pomares, apresentam valores de potássio muito superiores aos restantes. O pomar 4 apresenta os valores mais elevados de fósforo, potássio, magnésio, relativamente aos restantes pomares. Quanto ao cálcio destaca-se o pomar 6 com 8,3 toneladas por hectare.

A análise comparativa das disponibilidades de nutrientes do solo, da fertilização e da água de rega permitem perceber a grande contribuição do solo em todos os nutrientes. As nutrições azotadas e bóricas são praticamente administradas na totalidade pela adubação (Tabela E. 1).

Consideremos então as “saídas” de nutrientes para as folhas e frutos. Relativamente às folhas consideremos que existe uma elevada percentagem de retorno de nutrientes aquando da queda das folhas senescentes, pelo que apesar de acumularem quantidades significativas de nutrientes, a maioria destes acabam por ser translocados para os órgãos de reserva antes da queda, e os restantes restabelecidos em parte ao solo pela decomposição do material vegetal. Desta forma nas saídas consideremos apenas a estimativa da quantidade de nutrientes exportados pelos frutos (Tabela 24).

O balanço efetuado contempla a diferença entre saídas e entradas de nutrientes (Tabela 26). Os valores negativos indicam que houve um maior fator de entrada de nutrientes do que de saída, e os positivos uma maior *pool* de saída que de entrada.

Os pomares 2, 3 e 4 não apresentam resultados pois não é possível efetuar o balanço global de nutrientes sem as quantidades de nutrientes disponíveis nas peras, visto que esta análise para estes pomares não foi efetuada, pelas razões anteriormente referidas.

Tabela 26 - Balanço de entradas e saídas de nutrientes, por hectare, nos respectivos pomares.

Código:	Pool de nutrientes (entradas - saídas)						
	N	P	K	Mg	Ca	B	Zn
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
Pomar 1	89	595	902	287	4108	-35	-26
Pomar 2	-	-	-	-	-	-	-
Pomar 3	-	-	-	-	-	-	-
Pomar 4	-	-	-	-	-	-	-
Pomar 5	114	87	430	109	1801	-33	4
Pomar 6	85	76	500	147	8339	-105	-3
Pomar 7	69	69	285	166	3565	-36	-39
Pomar 8	72	69	287	166	3566	-47	-30

Os pomares 1, 5, 6, 7 e 8 apresentam um balanço negativo (Tabela 26) relativamente a boro indicando que a quantidade de nutrientes fornecida pelos componentes do balanço de entrada poderá não ser suficientes para as necessidades de exportação dos frutos. O mesmo sucede para os pomares 1, 6, 7 e 8 relativamente a zinco.

3. Características dos frutos

Na Tabela 27 encontram-se a média e desvio padrão dos parâmetros L*, C* e h° e firmeza, determinados para cada amostra de pomar. Todos os frutos apresentavam uma coloração esverdeada, característica. Os pomares 1, 3, 4 e 5 apresentavam os frutos menos maduros, de tonalidade mais esverdeada (h° > 100). Os frutos do pomar 2 apresentavam uma coloração mais amarelada (h° < 90) e os frutos dos pomares 6, 7 e 8 uma coloração intermediária.

Tabela 27 - Resultados obtidos, média e desvio padrão, das análises de cor e firmeza.

Código:		Cor			Firmeza	
		L*	C*	h°	Kg 0,5 cm ⁻²	N
Pomar 1	Média	69,8	42,2	105,3	5,2	50,6
	DV	2,6	1,0	1,7	0,2	1,9
Pomar 2	Média	67,5	42,8	89,7	5,4	52,5
	DV	3,2	1,6	5,5	0,3	3,3
Pomar 3	Média	68,7	43,9	101,7	5,2	50,6
	DV	2,6	2,5	4,7	0,4	4,2
Pomar 4	Média	68,9	44,3	104,3	7,0	68,2
	DV	3,3	2,4	4,3	0,6	5,6
Pomar 5	Média	69,1	42,6	104,7	5,7	56,3
	DV	2,7	2,1	2,7	1,4	13,6
Pomar 6	Média	76,5	42,1	97,2	4,2	40,7
	DV	2,1	2,3	3,8	1,2	11,5
Pomar 7	Média	74,0	43,8	99,1	5,0	48,7
	DV	2,6	2,6	7,3	0,2	2,1
Pomar 8	Média	72,2	42,2	100,0	4,9	48,3
	DV	3,9	2,7	3,8	0,5	4,4

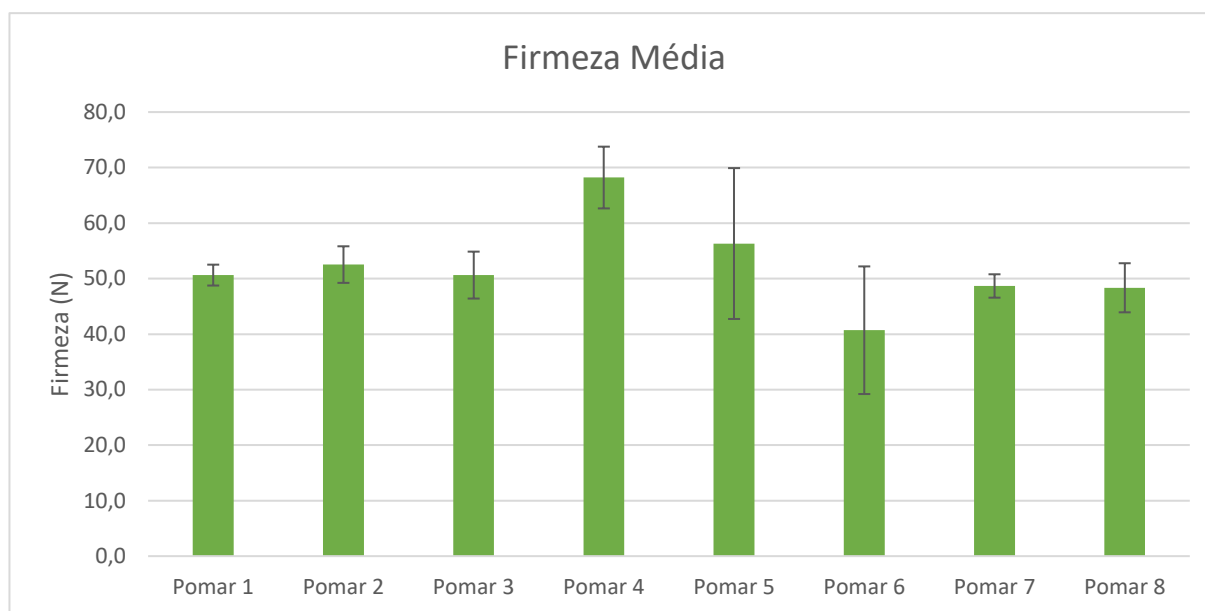


Figura 16 - Distribuição média das firmezas determinadas a partir das amostras de peras recolhidas para cada pomar. As barras de erro são referentes ao desvio padrão, positivo e negativo.

Os resultados obtidos para a fruta no pomar 4 foram bastante superiores aos restantes e muito longe do ideal para consumo imediato ($\approx 4,5 - 5,0 \text{ kg } 0,5 \text{ cm}^{-2}$).

Nas frutas armazenadas em atmosfera controlada (pomar 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) os valores de firmeza obtidos foram idênticos aos valores obtidos na única amostra armazenada em atmosfera normal (pomar 2).

4. Incidência de acastanhamentos internos

É possível prever alguma influência da decisão de acondicionamento, mais concretamente das câmaras 3, 5, 6, 7 e 8, na incidência de acastanhamentos internos. Segundo o técnico responsável não é usual o aparecimento de acastanhamentos internos em peras armazenadas em condições de AC com SF. No entanto foi verificado neste trabalho a incidência destas desordens como iremos comprovar mais à frente.

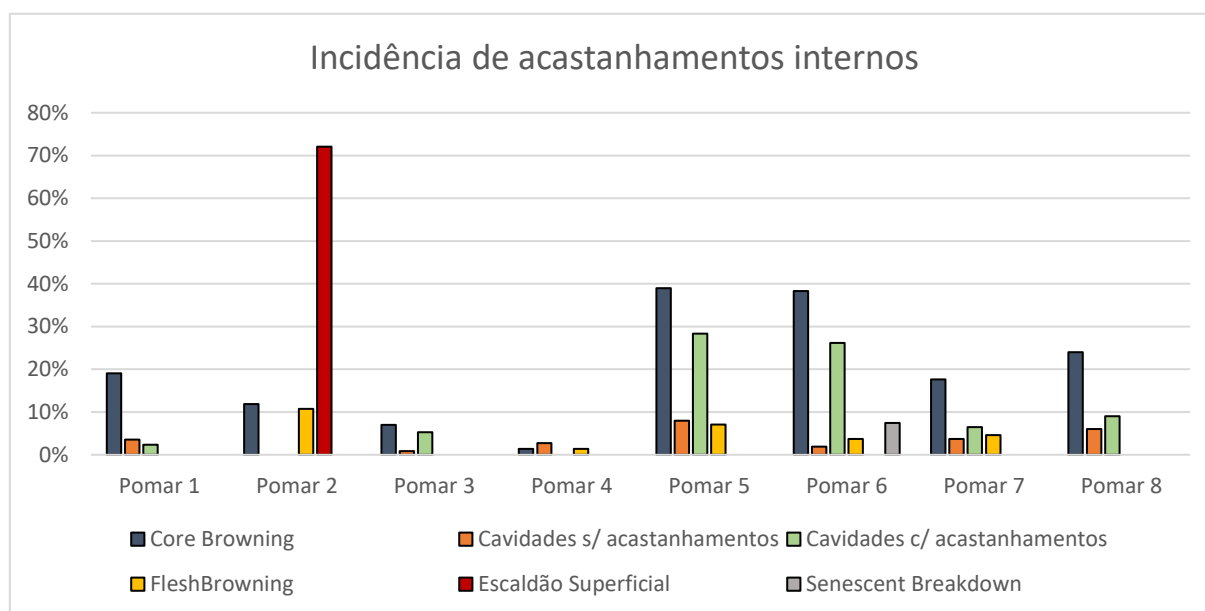


Figura 17 – Incidência de acastanhamentos internos, de vários tipos, nas frutas dos pomares amostrados

É expectável obter incidências de acastanhamentos internos, de qualquer tipo, em frutas armazenadas em atmosfera controlada sob longos períodos de tempo. Desta forma podemos excluir o pomar 2 de resultados significativos relativamente ao aparecimento destas desordens. O facto de ter aparecido algumas frutas com sintomas de *core browning* e *flesh browning* (Figura 17) prende-se ao facto de após a retirada da fruta da câmara de atmosfera refrigerada, a fruta ter sido introduzida noutra câmara de atmosfera refrigerada, que anteriormente funcionava como atmosfera controlada, num período de duas semanas, de modo a ser recolhida apenas quando as restantes amostras. Esse período foi o suficiente para induzir condições para a aparecimento de acastanhamentos internos, no entanto foi uma situação excecional e não representativa dos métodos usais.

Na fruta do pomar 2 houve uma grande incidência de escaldão superficial (72,0% do total da fruta amostrada), visto ter sido o único cuja conservação realizada em atmosfera refrigerada. Em nenhuma outra amostra ocorreu este tipo de desordem.

Nas restantes amostras dos pomares o armazenamento ocorreu durante um período de 4/5 meses (pomar 3, 5, 6, 7 e 8) e um máximo de 6 meses (pomar 1, 2 e 3). A fruta destes últimos pomares foi armazenada na mesma câmara de conservação (câmara 30), como explicitado na Tabela 8.

Os pomares 5, 6, 7 e 8 são os que apresentam maior número de fruta afetada por acastanhamentos, de vários tipos, comparativamente aos restantes pomares. Comparando pomares cuja abertura da câmara coincidiu no mesmo período, p.e. pomar 3 e pomar 7, podemos constatar o aumento de frutos contados com acastanhamentos no pomar 7. Ao comparar pomares armazenadas sob AC + SF, podemos constatar que o pomar 5 apresenta maior contagem de acastanhamentos, de

qualquer tipo, e uma maior variedade dos tipos de acastanhamentos, com especial aparecimento de fruta com cavidades com necroses (28%) sendo, a par do pomar 6 (26%), as amostras onde foram contabilizados mais casos deste tipo de incidência.

De um modo geral, e como é possível de constatar na Figura 17, o pomar 5 foi o que apresentou a maior quantidade de fruta afetada por acastanhamentos internos, tendo apenas 17,7% da fruta total amostrada, não afetada por qualquer tipo de desordem interna. De seguida, aparece o pomar 6 com 22,4% de fruta analisada não afetada por qualquer tipo de desordem interna. É de constatar que o tipo de armazenamento destes dois pomares é diferente (ACD no pomar 5, AC + SF no pomar 6), o período de abertura das câmaras foi o mesmo e pertencem ambas ao mesmo sócio (Tabela 8).

A fruta do pomar 4 foi a menos afetada por qualquer tipo de acidente fisiológico, apresentando 95,0% de fruta não lesada (Tabela 28).

Tabela 28 - Severidade de acidentes fisiológicos, por tipo e por pomar, de acordo com a escala de severidade adequada (Tabela 15 para acastanhamentos internos e Tabela 16 para escaldão superficial da epiderme).

Tipo de acidente fisiológico	Severidade	Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7	Pomar 8
		ACD	A N	ACD	ACD	ACD	AC + SF	ACD	AC + SF
Core browning	1	6,0%	5,4%	0,0%	1,4%	4,4%	16,8%	5,6%	1,0%
	2	3,6%	1,1%	1,8%	0,0%	5,3%	4,7%	1,9%	3,0%
	3	4,8%	5,4%	2,6%	0,0%	10,6%	2,8%	2,8%	6,0%
	4	4,8%	0,0%	2,6%	0,0%	18,6%	14,0%	7,4%	14,0%
Cavidades brancas	1	2,4%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	2,0%
	2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	0,9%	0,9%	0,0%
	3	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	2,7%	0,9%	0,9%	0,0%
	4	1,2%	0,0%	0,0%	1,4%	2,7%	0,0%	0,9%	4,0%
Cavidades com necroses	1	0,0%	0,0%	1,8%	0,0%	8,8%	0,0%	1,9%	0,0%
	2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,0%	2,8%	1,9%	2,0%
	3	1,2%	0,0%	1,8%	0,0%	7,1%	2,8%	1,9%	1,0%
	4	1,2%	0,0%	1,8%	0,0%	4,4%	20,6%	0,9%	6,0%
Flesh browning	1	0,0%	9,7%	0,0%	1,4%	3,5%	2,8%	2,8%	0,0%
	2	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	2,7%	0,0%	0,9%	0,0%
	3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
	4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,9%	0,0%
Escaldão Superficial	1	0,0%	26,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	2	0,0%	17,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	3	0,0%	14,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	4	0,0%	14,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Senescent breakdown	1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%
	2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%
	4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%
Sem desordens de qualquer tipo		75,0%	5,4%	86,8%	94,5%	17,7%	22,4%	67,6%	61,0%

Em anexo, na Tabela D.1, encontram-se os valores completos (percentagem) de incidência de cada tipo de acidente fisiológico de conservação para as frutas amostradas, por pomar.

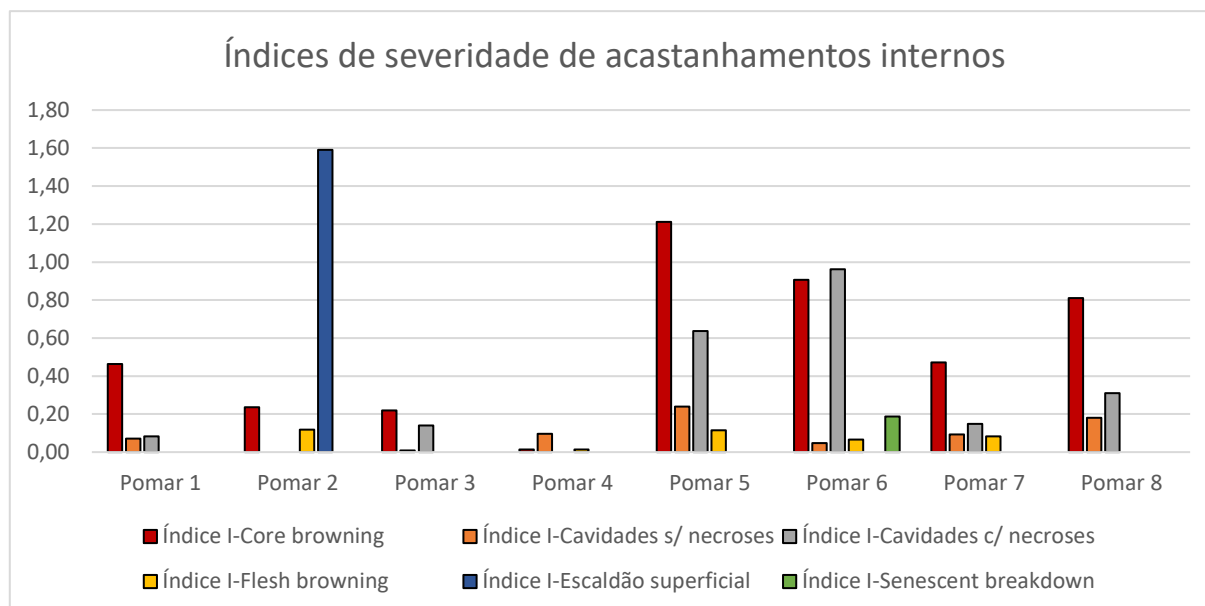


Figura 18 - Índices de acastanhamentos internos, por cada tipo e para cada tipo de pomar amostrado

Os valores do índice indicam o grau de severidade predominante consoante o tipo de acidente fisiológico em causa (Figura 18).

Os pomares 5, 6, 7 e 8 são apresentados com mais incidência de acidentes (Figura 17) e com maiores graus de severidade (Figura 18), atingindo 1,21 (pomar 5) e 0,96 (pomar 6), para acastanhamentos do tipo *core browning* e cavidades com necroses, respetivamente.

A fruta analisada do pomar 2 foi a que apresentou maior severidade de escaldão superficial da epiderme, alcançando o valor de 1,59, sendo que este acidente fisiológico apenas se manifestou nas condições de armazenamento desta amostra.

O pomar 4 apresentou, para além do menor número de frutos afetados por acidentes fisiológicos, os menores valores de severidade de acidentes amostrados.

Segundo a escala definida (Tabela 15) podemos concluir que no pomar 5, o mais afetado em termos de acastanhamentos internos, 38,9% da fruta contabilizada apresentava 1 a 10% da superfície total afetada por *core browning*. No pomar 6, 20,6% da fruta analisada apresentava cavidades com necroses, com cerca de 1 a 10% da superfície total do fruto afetada (Tabela 28). Nos restantes pomares apesar a severidade afetada foi inferior ao grau 1. A amostra do pomar 2 revelou que 72,0% da fruta contabilizada apresentava escaldão superficial com 11 a 25% da superfície total da epiderme afetada, de acordo com a escala definida (Tabela 16).

5. Correlação entre a composição mineral e a incidência de acastanhamentos internos

5.1. Correlação entre os resultados da análise do solo e a incidência de acastanhamentos.

Verificou-se uma correlação negativa significativa entre a incidência total de acastanhamentos internos (ID) e os teores do solo em P, Mg, Na, Mn e uma correlação positiva significativa com o teor em Zn (Tabela 29).

Pela Tabela 29 podemos constatar que existe uma correlação negativa significativa entre os teores de fósforo no solo e a incidência de *core browning* (CB) e cavidades com necroses (C2). É possível comprovar também uma correlação negativa significativa entre a incidência de *core browning*, e as quantidades de magnésio presentes no solo. Verifica-se o mesmo para sódio e manganês, apesar de não ter sido dado enfoque a estes nutrientes. Quanto ao zinco existe uma correlação forte positiva com a incidência de *core browning* e com cavidades com necroses, tendo este último registado o valor mais elevado de correlação (0,86).

Tabela 29 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a quantidade estimada de nutrientes disponíveis no solo.

n=8	pH	MO	P	Ca	Mg	K	Na	SBT	Fe	Cu	Mn	Zn	B
ID	-0,60	0,02	-0,81*	-0,29	-0,77*	-0,62	-0,73*	-0,47	-0,42	0,26	-0,74*	0,75*	-0,67
CB	-0,61	0,00	-0,81*	-0,28	-0,79*	-0,64	-0,75*	-0,47	-0,43	0,24	-0,76*	0,74*	-0,68
C1	-0,63	-0,14	-0,60	-0,66	-0,38	-0,16	-0,18	-0,52	-0,71	0,05	-0,18	0,25	-0,56
C2	-0,55	0,15	-0,73*	-0,28	-0,63	-0,44	-0,67	-0,46	-0,40	0,35	-0,67	0,86*	-0,58
FB	-0,65	-0,25	-0,05	-0,55	-0,37	-0,38	-0,08	-0,73	-0,09	0,02	-0,11	0,46	-0,42

Legenda: ID – Acastanhamento interno (*internal disorder*); CB – *Core browning*; C1 – Cavidades brancas; C2 – Cavidades com necroses; FB – *Flesh browning*; MO – Matéria orgânica; SBT – Soma das bases de troca.
*Correlação significativa ao nível P=0,05.

5.2. Correlação entre os nutrientes da análise de folhas e a incidência de acastanhamentos

Verificou-se uma correlação positiva significativa entre a incidência total de acastanhamentos internos e a concentração foliar de P e Fe e uma correlação negativa significativa com a concentração de Cu e Mn (Tabela 30).

A matriz de correlação entre a incidência total de acastanhamentos internos e os nutrientes na matéria seca das folhas (Tabela 30) permitiu identificar correlações positivas com os teores de fósforo e ferro, relativamente à incidência total de acastanhamentos internos e *core browning*. Quanto ao fósforo há uma possível correlação com a incidência de cavernas com necroses (0,77). Existem correlações negativas relativamente à incidência total de acastanhamentos internos e *core browning* e o teor de cobre e manganês nas folhas. Relativamente ao manganês foi ainda possível verificar a

correlação mais forte e negativa com a incidência de cavidades com necroses (-0,96). Verificou-se também valores negativos inferiores ao de referência quanto à relação da incidência de *flesh browning* (FB) e os teores de azoto e zinco nas folhas. Verificou-se ainda uma correlação positiva entre o aparecimento de necroses brancas (C1) e os teores de boro foliares.

Tabela 30 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a concentração foliar de nutrientes.

n=8	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
ID	-0,28	0,81*	0,29	-0,49	-0,52	-0,74*	0,78*	-0,88*	-0,22	0,40	-0,43
CB	-0,29	0,81*	0,28	-0,47	-0,50	-0,74*	0,78*	-0,87*	-0,22	0,39	-0,41
C1	0,27	0,64	-0,28	-0,46	-0,58	-0,59	0,35	-0,56	-0,30	0,82*	-0,52
C2	-0,23	0,77*	0,36	-0,69	-0,54	-0,70	0,72	-0,96*	-0,21	0,43	-0,51
FB	-0,78*	0,18	0,73	-0,22	0,05	-0,21	0,27	0,03	-0,83*	0,29	-0,05

Legenda: ID – Acastanhamento interno (*Internal disorder*); CB – *Core browning*; C1 – Cavidades brancas; C2 – Cavidades com necroses; FB – *Fresh browning*.
*Correlação significativa ao nível P=0,05.

5.3. Correlação entre a quantidade total de nutrientes administrados pela adubação e a incidência de acastanhamentos

Existe uma correlação positiva significativa entre a incidência total de acastanhamentos, de *core browning* e cavidades com necroses e as quantidades de N e Zn administradas pela adubação (Tabela 31). É possível verificar que existe uma relação negativa significativa entre os teores de P e a incidência total de acastanhamentos (-0,81), com a incidência de *core browning* (-0,81) e de cavidades com necroses (-0,73). Verifica-se ainda uma correlação negativa significativa entre a incidência total de acastanhamentos internos e de *core browning* e as quantidades de magnésio distribuídas nos adubos.

Tabela 31 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a quantidade estimada de nutrientes administrados pela adubação.

n=8	N	P	K	Mg	Ca	B	Zn
ID	0,86*	-0,81*	-0,65	-0,81*	-0,06	-0,70	0,75*
CB	0,86*	-0,81*	-0,67	-0,83*	-0,08	-0,70	0,74*
C1	0,46	-0,60	-0,35	-0,42	-0,40	-0,55	0,25
C2	0,92*	-0,73*	-0,48	-0,69	0,05	-0,60	0,86*
FB	0,24	-0,05	-0,33	-0,34	-0,35	-0,42	0,46

Legenda: ID – Acastanhamento interno (*Internal disorder*); CB – *Core browning*; C1 – Cavidades brancas; C2 – Cavidades com necroses; FB – *Fresh browning*.
*Correlação significativa ao nível P=0,05.

5.4. Correlação entre os nutrientes da análise de frutos e a incidência de acastanhamentos

É possível comprovar esta correlação negativa significativa entre os valores de cálcio nos frutos e a incidência de cavidades brancas (-0,80). No entanto, os valores de correlação mais elevados ocorrem para a relação positiva do teor de ferro presente nos frutos com a incidência total de acastanhamentos internos (0,98), a incidência de *core browning* (0,98) e a incidência de cavidades com necroses (0,97).

Tabela 32 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a percentagem de acidentes fisiológicos e a quantidade de nutrientes presente nos frutos amostrados.

n=5	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
ID	-0,33	0,00	-0,10	0,29	-0,28	0,98*	-0,34	0,68	-0,33	0,68
CB	-0,33	0,00	-0,10	0,29	-0,28	0,98*	-0,33	0,68	-0,33	0,68
C1	0,56	-0,70	-0,62	-0,80*	-0,40	0,28	0,74	-0,55	-0,52	-0,52
C2	-0,21	-0,11	-0,21	0,22	-0,35	0,97*	-0,39	0,66	-0,37	0,61
FB	0,44	-0,38	-0,42	-0,12	-0,29	0,64	-0,33	0,30	-0,19	0,07

Legenda: ID – Acastanhamento interno (*Internal disorder*); CB – *Core browning*; C1 – Cavidades brancas; C2 – Cavidades com necroses; FB – *Fresh browning*.
*Correlação significativa ao nível P=0,05.

1. Distribuição dos frutos por pomares

Segundo Barrit (1992), o elevado rendimento de culturas fruteiras resulta da integração de vários fatores, que quando reunidos, constituem o desafio da produtividade ótima do pomar. A produtividade da pereira 'Rocha' está dependente da combinação de vários fatores como as condições edafoclimáticas, a condução e poda, os recursos hídricos, entre outras operações culturais exigíveis a uma fruticultura mais competitiva.

A fruta de todos os pomares estudados foi colhida com valores de firmeza dentro do intervalo de maturação hortícola utilizado na pera 'Rocha', como comprovado nos testes de firmeza e pela determinação da cor (Tabela 27). O estado de maturação da fruta foi tido em conta de acordo com o tipo de conservação pretendido para cada pomar. A fruta dos pomares 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentavam-se ainda verdes e com dureza elevada visto terem como objetivo a conservação em atmosfera controlada. O calibre dos frutos influencia também a dureza dos frutos, pelo que calibres mais pequenos estão geralmente associados a frutas mais duras, como é o caso do pomar 4 (calibre 50/55 mm).

A produtividade dos pomares foi distinta (Tabela 9), sendo os pomares 6 e 5 os que alcançam os maiores e menores valores de produtividade, com 45 e 25 t ha⁻¹, respetivamente. Relativamente ao TSS podemos destacar o pomar 1 e 5, com o menor (11,8%) e maior valor (13,1%), respetivamente.

Podemos considerar os teores de fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) assimiláveis, no solo (Tabela 10) como muito elevados (Quelhas dos Santos, 2015) nos pomares 1, 2, 3 e 4. Nos pomares 5 e 6 (Tabela 10) os teores de potássio assimiláveis são também muito elevados, e nos pomares 7 e 8 os solos apresentam um nível alto deste nutriente. Nos pomares 5, 6, 7 e 8 (Tabela 10) os pomares apresentam um teor médio de fósforo assimilável no solo (Quelhas dos Santos, 2015).

Antes de iniciar a análise ao balanço total de nutrientes é importante reter que a aproximação das quantidades exatas de nutrientes nos solos é um processo de difícil compreensão e determinação, que envolve muitos fatores indeterminados. Neste trabalho optou-se pela simplificação dos métodos e, portanto, as quantidades aqui apresentadas como disponíveis podem variar das quantidades reais, em casa situação do pomar. Não obstante estas indicações, os métodos de cálculo utilizados permitem relacionar quantidades de nutrientes entre pomares e inseri-las no balanço final de nutrientes com alguma exatidão.

Analisando o balanço de nutrientes é possível constatar a grande influência do solo na administração de todos os nutrientes, excetuando o azoto, sendo a adubação a principal fonte destes

nutrientes (Tabela E. 1). Quanto ao azoto, a fertilização foi responsável por 49 a 70% das disponibilidades totais deste nutriente, tendo sido a restante quantidade administrada pela água de rega (Tabela E. 1). Não foi contabilizado o azoto mineralizado que, com os teores de matéria orgânica dos solos (Tabela 10) será inferior a 15 kg ha⁻¹.

O balanço global de nutrientes pressupõe que para a maioria dos pomares existe uma boa fertilidade dos solos, relativamente aos macronutrientes principais. Os pomares 1, 5, 6, 7 e 8 apresentam valores negativos de boro no balanço (Tabela 26) indicando que as exportações deste nutriente dos frutos são superiores às disponibilidades totais. O mesmo sucede para o zinco nos pomares 1, 6, 7 e 8.

Analisando as análises foliares, constata-se que as concentrações de boro são inferiores aos valores de referência para os pomares 1 e 3 e valores superiores para os pomares 5 e 6. Todos os pomares foram adubados com a mesma quantidade de boro e no mesmo período, alcançando cerca de 18 a 25% das quantidades totais entradas nos pomares (Tabela E. 1, em anexo). De um modo geral, os pomares 1, 2, 3 e 4 apresentam mais desequilíbrios a nível foliar (Tabela B.2, em anexo).

Nos pomares 5, 6, 7 e 8 os valores de fósforo aplicados pela adubação foram inferiores aos referenciados. No entanto, a análise foliar permite perceber que os valores deste nutriente nas folhas encontram-se dentro dos valores de referência. Analisando a mesma Tabela B.2, em anexo, é possível constatar os valores deste nutriente, inferiores ao limite de referência, para os pomares 1, 2, 3 e 4. A adubação fosfatada para estes pomares apresenta valores superiores aos dos restantes pomares e aos valores de referência. Desta forma, podemos concluir que as quantidades de nutrientes nas folhas de fósforo não estão diretamente relacionadas com o administrado pela adubação, mas possivelmente por um dos outros fatores que determinam as entradas (disponibilidades do solo e água de rega).

Como já referido, os teores de potássio (K₂O) assimiláveis nos pomares 1, 2, 3 e 4 são bastante elevados (Quelhas dos Santos, 2015). Porém nas análises foliares, dos pomares 1 e 3, este nutriente encontra-se abaixo dos valores de referência. A comparação das quantidades administradas por via da adubação com as quantidades de referência permitiu perceber que nos pomares 1 a 4 a adubação potássica é acima do recomendável para uma produtividade média de 40 ton ha⁻¹ (Tabela 18). O método de Égner-Riehm utilizado na extração do fósforo é o mais eficaz a valores de pH baixos. No caso do pomar 1 e 3 os valores de pH encontram-se perto da neutralidade, embora sejam os valores mais elevados de todos os pomares (Tabela 10).

É de notar que não foi avaliado o contributo da matéria orgânica do solo, não menosprezando o seu papel importante na fixação de fósforo na matriz do solo. É, no entanto, um elemento importante aquando da instalação do pomar, devido à sua grande influência no crescimento radicular. Após a

instalação a adubação fosfatada pretende manter os níveis de crescimento constante das raízes durante o ciclo de produção. O fósforo presente nas folhas acaba por ser translocado para os órgãos de reserva antes da fase de senescência foliar, garantindo assim parte das necessidades deste nutriente no início da campanha seguinte (Soares *et al.* 2003). A relação deste nutriente com o azoto, potássio, zinco e cobre é um aspeto a ter em conta, visto que o aumento dos teores em fósforo limita a absorção destes nutrientes (Soares *et al.* 2003).

Relativamente ao cálcio, é de destacar os valores elevados do balanço global (Tabela 26). Apesar de os valores apresentados quanto à fertilização, solo e água de rega, serem muito elevados, os valores determinados nos frutos encontram-se em quantidades muito pequenas e limitadas. Nas folhas, no entanto, os valores obtidos de cálcio encontram-se dentro dos considerados adequados (Tabela B.2, em anexo). Podemos supor a fraca mobilidade do cálcio no solo e na planta, incapaz de alcançar os frutos a partir da absorção radicular. De um modo geral, podemos promover a acumulação de cálcio no fruto de diversas formas (Almeida, 2005a):

1. Ao aumentar os níveis de cálcio nos ovário e frutos recém-vingados, a partir de uma nutrição adequada e uma boa gestão da água durante a floração e estados iniciais de desenvolvimento do fruto, e condições que favoreçam transpiração;
2. Adequada nutrição em cálcio e fornecimento de água durante todo o período de crescimento do fruto;
3. Promoção de um crescimento equilibrado e estável do fruto;
4. Administração de cálcio via foliar.

Apesar de serem valores elevados, é nas aplicações de cobertura ao solo que podem ocorrer as maiores perdas e onde a eficácia dos produtos tende a ser menor, visto ser onde há maior risco de lavagem, lixiviação ou arrastamento dos materiais aplicados. As aplicações de adubo ao solo têm com objetivo a absorção dos nutrientes em profundidade pelas raízes, pelo que a larga dispersão destas é um fator importante para a eficácia da absorção dos nutrientes. Outros fatores que podem influenciar a absorção são o tipo de formulação de adubo e a quantidade de nutrientes.

Por outro lado, a aplicação de adubos em conjunto com a água (fertirrega) permite alcançar eficiências máximas das raízes quanto à absorção de nutrientes (Soares *et al.* 2003; Quelhas dos Santos, 2015). No entanto apenas foram administrados adubos por esta via nos pomares 1, 2, 3 e 4.

Na realidade o cálculo específico de fertilização, especialmente a adubação, em culturas de pomóideas, é mais difícil de quantificar. A exportação real das culturas é mais difícil de quantificar devido à restituição operada pelas folhas e madeira de poda. Por outro lado, as disponibilidades nutritivas do solo são mais difíceis de avaliar devido ao facto das árvores explorarem maiores e mais

heterogêneos volumes de terra. Outro facto, prende-se ao facto de as taxas de utilização de adubos não estarem estimadas para o sistema cultura concreto (Quelhas dos Santos, 2015). Por isso, os cálculos realizados pressupõem uma distribuição total dos nutrientes fornecidos nos adubos.

Os cálculos efetuados pressupõem a disponibilidade total dos nutrientes do solo, não considerando a percentagem individual realmente aproveitada pelas plantas. Sendo assim é de esperar que os valores obtidos das entradas não correspondam rigorosamente aos valores reais. No entanto, é impossível quantificar com rigor as quantidades de nutrientes presentes no solo ao longo do ciclo cultural, devido à variabilidade de fatores que afetem estas quantidades. É de notar que uma constante adubação anual, independentemente da eficácia, origina a acumulação de certos nutrientes ao solo para além da quantidade existente na matriz do solo. Ao considerar a disponibilidade total de nutrientes para todos os pomares estabeleceu-se um método consensual na avaliação da fertilidade dos solos.

Quanto à água de rega supõe-se que o teor catiónico está totalmente disponível para absorção radicular.

Os valores estimados do conjunto solo, fertilização e água de rega são bastante superiores, na maioria dos nutrientes, quando comparados aos recomendados na administração de fertilizantes, pelo Manual de Fertilização das Culturas (LQARS, 2006). Se o plano de fertilização fosse realizado atendendo aos cálculos efetuados a ponderação seria em não optar por adubar, por já haver excesso de nutrientes disponíveis. É importante ter em conta as limitações dos cálculos já referidas, e a não consideração da percentagem de nutrientes restabelecido ao solo pela decomposição das folhas caídas e outros materiais, como a lenha de poda. Apesar disso, realçam-se as grandes diferenças das recomendações.

2. Nutrição mineral e acidentes fisiológicos

Os fatores pré-colheita, explicam uma parte da variabilidade de suscetibilidades de diferentes tipos de pomares, regiões e anos aos acastanhamentos. Estas diferenças refletem-se no sistema antioxidante e na atividade metabólica. Os acastanhamentos são causados pelo desequilíbrio entre os processos oxidativos e redutores devido aos gradientes metabólicos dos gases dentro do fruto. Assim ocorre a acumulação das substâncias reativas de oxigénio que, por sua vez, induzem a perda da integridade das membranas que ficam macroscopicamente visíveis, pela oxidação enzimática dos compostos fenólicos para polímeros acastanhados (Franck *et al.*, 2007).

Relativamente às condições de armazenamento em ACD é possível verificar que os valores de pressão parciais de O₂ e CO₂ (Tabela 8) se encontram abaixo do valor referenciado por Richardson &

Kupfeman (1997) (Tabela A. 1, em anexo). Os pomares 6 e 8 cuja fruta foi armazenada em AC + SF apresenta valores de O₂ superiores à referência dos mesmos autores. As condições de armazenamento destes oito pomares assemelham-se às condições de conservação de outras variedades de peras, como a 'William's', 'Kaiser' ou 'Bartlett', como é possível comprovar na Tabela A. 1 e Tabela C.1, em anexo.

A aplicação de SmartFresh™ implica a otimização do período ótimo de colheita. A fruta não deve apresentar valores elevados de firmeza nem cor demasiado verde pelo risco que após a conservação não ocorra a maturação climatérica. A aplicação destes tratamentos deve ser efetuada em frutos colhidos com características de maturação ideais, ou seja, uma firmeza média entre 6 e 7 kgf cm⁻², epiderme verde e um índice refratométrico do amido inferior a 7 (Carvalho, 2011).

É importante realçar o impacto económico associado à amostragem e identificação de acastanhamentos internos. O diagnóstico destes acidentes requer métodos práticos e expeditos, mas destrutivos, que levam ao não aproveitamento da fruta para comercialização e, consequentemente, à desvalorização da cadeia de valor. Grande parte dos acastanhamentos pode ser mitigado pelo arrefecimento rápido e eficiente da fruta logo após a colheita, garantindo de seguida uma conservação prolongada e estável (Roelofs & de Jager, 1997; Verlinden *et al.*, 2002), mesmo em casos de colheitas tardias. No entanto, é de notar que é um processo de difícil execução nas condições de produção em Portugal, visto a colheita de pera 'Rocha' ocorrer em pleno Agosto, mês de maiores valores de temperatura. Para além disso, existe um período entre a colheita e a receção da fruta na central, que impossibilita a refrigeração adequada, mesmo que com camiões refrigerantes.

As amostras recolhidas permitiram perceber uma grande variabilidade de tipos de acastanhamentos. Foi possível observar todos os tipos de acastanhamentos internos e ainda escaldão superficial, nos diferentes graus de severidade.

O pomar 2 foi o único a apresentar escaldão superficial, algo expectável tendo em conta o longo período de conservação a atmosfera normal. Para além disso, a fruta armazenada não foi banhada com qualquer produto protetor anti-escaldão. O facto de ter apresentado alguns tipos de acastanhamentos internos prende-se ao facto de a fruta deste pomar ter sido conservada noutra câmara refrigerada após o período normal de conservação em atmosfera refrigerada, com o intuito de poderem ser recolhidas todas as amostras simultaneamente. As diferenças de temperatura e de condições de refrigeração das câmaras podem estar na origem deste acidente fisiológico.

Frutos do pomar 5 tiveram incidência significativas de acastanhamentos, e simultaneamente a maior razão K/Ca nas entradas de nutrientes, o que poderá influenciar o aparecimento destas desordens (Soares *et al.*, 2003).

Apesar de não ter sido o enfoque deste trabalho é importante não descorar a relação do cálcio com outros elementos como o potássio e o azoto. De facto, a avaliação completa e mais precisa das disponibilidades de cálcio, e de outros nutrientes, à planta só pode ser entendida em conjunto com o sinergismo e antagonismo presente.

O calibre dos frutos poderá estar ligado à severidade de acidentes: os pomares mais afetados tinham os maiores calibres (60/65 mm), no entanto o intervalo de calibres e a variabilidade da amostra quanto a este parâmetro não permitem comprovar este facto. Esta correlação não foi um objetivo neste trabalho, não deixando de realçar a sua importância em ensaios futuros.

Identificaram-se correlações entre teores de nutrientes e a incidência de acastanhamentos internos.

Verificaram-se correlações significativas positivas entre a incidência total de acastanhamentos internos e a diminuição da concentração de P, Mg, Na e Mn no solo (Tabela 29). Quanto ao fósforo foi possível correlacionar a diminuição deste nutriente no solo com o aumento da incidência de *core browning* e cavidades com necroses. A mesma análise permitiu correlacionar o aumento de incidências totais de acastanhamentos, e mais especificamente o aumento da incidência de *core browning* e cavidades com necroses, com o aumento do teor de zinco nos solos.

A análise de correlação entre os teores foliares de nutrientes e a incidência de vários tipos de acastanhamentos (Tabela 30) revelou correlações positivas entre a incidência total de acastanhamentos e de *core browning* e as concentrações foliares de P e Fe e ainda com a diminuição das concentrações foliares de Cu e Mn. O aumento da incidência de cavidades com necroses esteve correlacionado com o aumento dos teores foliares de P e com a diminuição dos teores foliares de Mn. O aumento da incidência de *flesh browning* esteve correlacionado com a diminuição dos teores foliares de azoto e zinco e o aumento da incidência de cavidades brancas com o aumento dos teores de boro foliares.

Pela Tabela 31 é possível identificar as correlações positivas significativas da incidência de acastanhamentos internos com as quantidades de azoto (0,86) e zinco (0,75) e correlações negativas significativas com as quantidades de fósforo (-0,81) e magnésio (-0,81) administradas nos adubos. Verifica-se ainda que o aumento de *core browning* e cavidades com necroses está significativamente correlacionado com o aumento das quantidades de azoto e zinco e com a diminuição das quantidades de fósforo. Existe ainda uma correlação negativa significativa entre a incidência de *core browning* e as quantidades de magnésio presentes na adubação.

As correlações de Pearson entre os teores de nutrientes nos frutos e a incidência de vários tipos de acastanhamentos internos (Tabela 32) permitiu identificar correlações positivas e fortes (≈ 1) entre o teor de ferro e a incidência total de acastanhamentos, e mais especificamente de *core browning*, e cavidades com necroses. É de notar que o valor da correlação de Pearson entre os teores de cálcio no fruto e a incidência de cavidades brancas (-0,80) é ligeiramente abaixo do valor de referência definido para 3 graus de liberdade (0,81).

É possível observar pela comparação das correlações efetuadas entre as incidências de acastanhamentos e as concentrações de nutrientes nos solos (Tabela 29), nas folhas (Tabela 30) e administradas nos adubos (Tabela 31) um efeito comum do fósforo. Este nutriente encontra-se em défice nas folhas nos pomares 1, 2, 3 e 4 (Tabela B.2, em anexo) e havendo uma correlação positiva significativa com a incidência total de acastanhamentos internos. No entanto, as concentrações de fósforo assimilável no solo dos pomares 1, 2, 3 e 4 estavam a um nível muito elevado.

Os teores foliares de ferro nos solos, para os pomares 1, 3 e 4 foram inferiores aos valores limite de referência (Tabela B.2, em anexo). No entanto, a análise de resultados mostrou uma correlação forte e significativa da concentração deste nutriente nos frutos com a incidência total de acastanhamentos internos, com a incidência de *core browning* e com a incidência de cavidades com necroses (Tabela 32).

O teor de potássio na matéria seca dos frutos não aparenta estar significativamente correlacionado com a incidência de acastanhamentos internos, de qualquer tipo, contrariamente ao defendido por Soares *et al.* (2003).

A diminuição dos teores de manganês, tanto nas folhas como no solo, estiveram correlacionadas com o aumento da incidência total de acastanhamentos internos. Como não houve aplicação de manganês em produtos fertilizantes não foi possível correlacionar este parâmetro com a incidência de acastanhamentos internos.

Quanto ao teor de boro e cálcio na matéria seca dos frutos, não se observou uma correlação significativa com a incidência de acastanhamentos internos.

A avaliação de fatores singulares na incidência de desordens internas é insuficiente, e, portanto, em futuras experiências deve ser considerado não só os efeitos individuais de cada fator, mas a interação entre fatores.

VI – Conclusão e considerações finais

Em conclusão:

1. Não existiu uma relação direta entre as quantidades administradas pela adubação e a concentração de nutrientes nas folhas. A concentração de nutrientes nas folhas e a concentração de nutrientes nos solos não estão diretamente relacionados.
2. Os acastanhamentos internos apareceram seja em frutos armazenados em atmosfera controlada ou em frutos tratados com SmartFresh™ e armazenados em atmosfera controlada após 150 a 210 dias de armazenamento.
3. A incidência de acastanhamentos internos esteve positivamente correlacionada com:
 - a. O teor de fósforo nas folhas;
 - b. O teor em ferro dos frutos;
 - c. O teor de zinco nos solos e a quantidade disponível na adubação;
 - d. O teor de azoto nas quantidades disponíveis na adubação.
4. A incidência de acastanhamentos internos esteve negativamente correlacionada com:
 - a. O teor de fósforo e de magnésio nos solos e a quantidade disponível na adubação;
 - b. O teor de manganês nos solos e nas folhas;
 - c. O teor de cobre nas folhas;
 - d. O teor de sódio nos solos.
5. Os teores de cálcio e boro na matéria seca dos frutos não estiveram correlacionados com a incidência de acastanhamentos de qualquer tipo.

Na elaboração deste estudo deparámo-nos com necessidades que permitem elencar as seguintes orientações de trabalho futuro. Para uma adequada compreensão da relação entre a fertilidade dos pomares e a qualidade da fruta são necessários coeficientes técnicos que permitam a avaliação direta e objetiva da disponibilidade de nutrientes para as plantas e a sua incorporação nos frutos. O estabelecimento destes indicadores poderá melhorar o processo de tomada de decisão na utilização de adubos e na eficácia da distribuição de nutrientes às plantas.

As correlações identificadas entre teores de nutrientes e acastanhamentos internos devem ser exploradas em ensaios de maior dimensão amostral e em estudos que permitam aferir eventuais relações de causa e efeito.

Notamos ainda a falta de sistematização das designações e da etiologia dos acidentes fisiológicos de conservação de pera Rocha. As designações utilizadas estão de acordo com as conclusões mais recentes (Saquet & Almeida, 2017) e que melhor descrevem com pragmatismo, os sintomas observados na fruta amostrada.

VII – Referências bibliográficas

- Abreu, M., 2010. Tratamentos integrados para a qualidade de pera 'Rocha' minimamente processada. Dissertação para obtenção de grau de Doutor em Engenharia Agro-Industrial. 293. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Agar, T., Streif, J., Bangerth, F., 1997. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biology and Technology* 11, 47-55.
- Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, E., Fernandes, I., Moldão-Martins, M., Abreu, M., 2009. Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. Nantes) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. *Innovative Food Science & Emerging Technology* 10, 61-69.
- Almeida, D., 2005a. Managing calcium in the soil-plant-fruit system. In Dris, R (ed). *Crops: Growth, Quality and Biotechnology* WFL Publisher, Helsinki, Finland, 448-459.
- Almeida, D., 2005b. Manuseamento de produtos hortofrutícolas. Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto.
- Almeida, D., Gomes, M. H., Oliveira, C. M., Mota, M., Neto, C., 2007. Tecnologias pós-colheita para a melhoria da qualidade e segurança alimentar de pêra rocha, maçã e kiwi. Cristina Moniz Oliveira (ed). Projeto 518 – Melhoria da Qualidade e Segurança Alimentar da Pêra, Maçã e Kiwi em Pós-colheita. ISA Press, Lisboa, Portugal.
- Amiot, M. J., Tacchini, M., Aubert, S., Nicolas, J., 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *J. Food Science* 4, 958-962.
- Angelini, R., 2007. Il Pero. *Coltura & Cultura*. ART Servizi Editoriali, Bologna, Itália.
- ANP – Associação Nacional de Produtores de Pera 'Rocha': <http://www.perarocha.pt/CustomPages/ShowPage.aspx?pageid=fc0b621e-0daa-4c0d-8d1b-76314e355374> , acedido a 2 de junho 2016, pelas 14h00.
- Argenta, L. C., Fan, X., Mattheis, J. P., 2002. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO₂ concentration. *Postharvest Biology and Technology* 24, 13-24.
- Associação Nacional de Produtores de Pera 'Rocha' – ANP, 1997. Caderno de Especificações Pera 'Rocha' do Oeste – Denominação de Origem, Cadaval. 5-15.
- Associação Nacional de Produtores de Pera 'Rocha' – ANP, 2009. Caderno de Especificações Pera 'Rocha' do Oeste D.O.P., Cadaval. 2-7.

Avelar do Couto, A., 1979. Aspetos pomológicos da pereira «Rocha». Direção de Serviços de Documentação e Divulgação Agrária da Direção-Geral de Extensão Rural, Divulgação 1/79. Ministério da Agricultura e Pescas. Portugal.

Avelar, M. L., Rodrigues, A. C., 1999. Teste de regressão do amido em pera rocha. Projeto nº 6034 – Estudo do efeito das condições pedo-climáticas, do estado de nutrição do pomar e das operações pós-colheita na qualidade e poder de conservação da pera cultivar Rocha, em diferentes regimes de atmosfera controlada. Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade – Setor de Pós-Colheita e Conservação. Alcobaca, Portugal.

Barrit, B. H., 1992. Intensive orchard management. Good Fruit Grower. Yakima, Washington, EUA. 211.

Barros, M. T., 1985. Polinização e vingamento do fruto em fruteiras lenhosas. Instituto Politécnico de Castelo de Branco. Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Blanpied, D.G., 1975. Core breakdown of New York 'Bartlett' pears. Journal of the American Society for Horticultural Science 100, 198-200.

Bright, J., 2005. Apple and pear nutrition. New South Wales Department of Primary Industries. Australia.

Carvalho, A. R. S. C., 2011. Aplicação de SmartFresh™ em pêra 'Rocha': Eficácia de Concentrações e Modalidades de Armazenamento na Qualidade e na Incidência de Escaldão Superficial e Acastanhamento Interno. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Agrónómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal. 77.

Chaboussou, F., 1985. Santé de culture une révolution agronomique. Flammarion, Paris, França.

Clarkson, D. T., 1984. Calcium transport between tissues and its distribution in the plant. Plant Cell and Environment 7, 449-456.

Comporta, A., 2010. Sistemas de condução em pereira 'Rocha': análise produtiva, qualitativa e económica. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Agrónómica – Hortofruticultura e Viticultura. Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa, Lisboa.

Cordeiro, D., 1998. Monda manual e monda química de frutos em macieira Golden Delicious "Lysgolden". Relatório do trabalho de fim de curso de Engenharia de Produção Agrícola. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Castelo Branco. Castelo Branco.

Corrêa, T. R., 2010. Qualidade de frutos e ocorrência de degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada em função das condições climáticas do pomar, porta-enxerto

e da nutrição mineral. Dissertação para Grau de Mestre em Produção Vegetal. 69. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Brasil. 69.

Corrêa, T. R., Steffens, C. A., Amarante, C. V. T., Tanaka, H., Stanger, M. C., Brackmann, A., Ernani, P. R., 2012. Composição mineral, qualidade e degenerescência de polpa de maçãs 'Fuji' em diferentes porta-enxertos durante armazenamento em atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 34. 33-40

Database Of Origin & Registration (DOOR), 2007. Comissão Europeia – Agricultura e Desenvolvimento Rural: <http://ec.europa.eu/agriculture/quality/door/list.html?locale=pt> , acessado a 19 de janeiro de 2017.

Dennis, F. G. Jr., 1996. Chapter 10: Fruit Development *in* Tree Fruit Physiology: Growth and Development: a comprehensive manual for regulating deciduous tree fruit growth and development. Maib, M. K. *et al.* (eds), Washington State Fruit Commission, 1996. Yakima, Washington, EUA. 107-117.

Diário da República n.º 186/2009, Série I de 2009-09-24. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Portugal.

Diário da República n.º 236/1998, Série I-A de 1998-08-01. Ministério do Ambiente. Portugal.

Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), 2008. Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomóideas, Volume II. DGADR. Lisboa, Portugal.

Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), 2012. Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomóideas, Volume II. DGADR. Lisboa, Portugal.

Drake, M., Bramlage, W. J., Baker, J. H., 1979. Effects of foliar calcium on McIntosh apple storage disorders. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 10, 303-309.

Dris, R., Niskanen, R., 1999. Calcium Chloride sprays decrease physiological disorders following long term cold storage of apple. *Plant Foods for Human Nutrition*, 54(2), 159-171.

Duarte, L., 2000. Avaliação do estado de nutrição das árvores – o potássio. *Jornal Crisopa*. 30 outubro 2000. Alcobaça. 12.

FAO, 2016. FAOSTAT online database: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Ferguson, I. B., 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell Environment* 7, 477-489.

- Ferguson, I., Volz, R., Woolf, A., 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders in fruits. *Postharvest Biology and Technology* 15, 255-262.
- Fernandez-Trujillo, J. P., Nock, J. F., Watkins, C. B., 2001. Superficial scald, carbon dioxide injury, and changes of fermentation products and organic acids in 'Cortland' and 'Law Rome' apples after high carbon dioxide stress treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126, 235-241.
- Ferreira, H. A., 1965. O Clima de Portugal: normais climatológicas do Continente, Açores e Madeira correspondentes a 1931-1960 Parte 13. Observatório do Infante D. Luiz. Serviço meteorológico nacional (ed). Lisboa, Portugal. 207.
- Franck, C., Baetens, M., Lammertyn, J., Scheerlinck, N., Nicolaï, B. M., 2003. Ascorbic acid mapping to study core breakdown. *Postharvest Biology Technology* 30, 133-142.
- Franck, C., Lammertyn, J., Ho, Q. T., Verboven, P., Verlinden, B., Nicolai, B. M., 2007. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology* 43, 1-1.
- Freitas, S. T., Amarante, C. V. T., Labavitch, J. M., Mitcham, E. J., 2010. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 57, 6-13.
- Gamrasni, D., Ben-Arie, R., Goldwa, Y. M., 2010. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) application to Spadona pears at different stages of ripening to maximize fruit quality after storage. *Postharvest Biology Technology* 58, 104-112.
- Gerasopoulos, D., Richardson, D. G., 1999. Storage temperature and fruit calcium alter the sequence of ripening events of 'd'Anjou' pears. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 34, 316-318.
- Giraud, M., Westercamp, P., Coureau, C., Chapon, J. F., Berrie, A., 2001. Recognizing Postharvest Diseases of Apple and Pear. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. Paris, França.
- GPP (Gabinete de Planeamento e Políticas), 2010. Internacionalização dos Sectores Agro-Alimentar. Ministério de Agricultura, do desenvolvimento rural e pescas. Gabinete de Planeamento e Política, Lisboa.
- Hamauzu, Y., Hanakawa, T., 2003. Relation of highly polymerised procyanidin to the potential browning susceptibility in pear fruits. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 72, 415-421.

- Hansen, E., Mellenthin, W. M., 1962. Factors influencing susceptibility of pears to carbon dioxide injury. *Procedures of American Society for Horticultural Science* 80, 146-153
- Hertog, M. L. A. T. M., Peppelenbos, H. W., Evelo, R. G., Tijskens, L. M. M., 1998. Dynamic and generic model on the gas Exchange of respiring produce: the effects of oxygen, carbon dioxide and temperature. *Postharvest Biology and Technology* 14, 335-349.
- INE, 2015. Estatísticas Agrícolas 2014, s.l.: Instituto Nacional de Estatística, I.P..
- INE, 2016. Estatísticas Agrícolas 2015, s.l.: Instituto Nacional de Estatística, I.P..
- Instituto Nacional de Estatística, 2016. Estatísticas agrícolas 2015. Acedido a 20 de setembro de 2016 em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_main&xpid=INE
- J. Hart, T. Righetti, B. Stevens, B. Stebbins, P. Lombard, D. Burkhart, P. Van Buskirk, 1997. Pears. Oregon State University Extension Service, Fertilizer Guide 59.
- Johnson, D. S., 1979. New techniques in the post-harvest treatment of apple fruits with calcium salts. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 10, 373-382.
- Kadam, S. S., Dhumal, A., Shinde, N. N., 1995. Pear. Salunkhe, D. K. Kadam, S. S. (Eds), *Handbook of Fruit Science and Technology*. Marcel Dekker Inc., Nova Iorque. 182-202.
- Kader, A. A., 1989. Mode of action of oxygen and carbon dioxide on postharvest physiology of 'Bartlett' pears. *Acta Horticulturae* 258, 161-167.
- Ke, D., Yahia, E., Mateos, M., Kader, A. A., 1994. Ethanolic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119, 976-982.
- Kerbel, E. L., Kader, A. A., Romani, R. J., 1998. Effects of elevated CO₂ concentrations on glycolysis in intact 'Bartlett' pear fruit. *Plant Physiology* 86, 1205-1209.
- Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), 2006. Manual de Fertilização das Culturas, INIAP – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), Segunda edição. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa, Portugal. 282.
- Lammertyn, J., Aerts, M., Verlinden, B.E., Schotsmans, W., Nicolaï, B. M., 2000. Logistic regression analysis of factors influencing core breakdown in Conference pears. *Postharvest Biology and Technology* 20, 25-37.

- Lammertyn, J., Dresselaers, T., Van Hecke, P., Jancsó, P., Wevers, M., Nicolaï, B. M., 2003a. MRI and X-ray CT study of spatial distribution of core breakdown in 'Conference pears'. *Magnetic Resonance Imaging* 21, 805-815.
- Lammertyn, J., Dresselaers, T., Van Hecke, P., Jancsó, P., Wevers, M., Nicolaï, B. M., 2003b. Analysis of the time course of core breakdown in Conference pears by means of MRI and X-ray CT. *Postharvest Biology Technology* 29, 19-28.
- Larrigaudière, C., Lenthéric, I., Puy, J., Pinto, E., 2004. Biochemical characterization of core browning and brown heart disorders in pear by multivariate analysis. *Postharvest Biology and Technology* 31, 29-39.
- Le Grange, S. A., Theron, K. I., Jacobs, G., 1998. Influence of the number of calcium sprays on fruit mineral concentration and bitter put development in "Braeburn" apples (*Malus domestica* Borkh). *Journal of the Southern Africa Society of Horticultural Sciences* 8(1), 5-9.
- Lenthéric, L., Pinto, E., Vendrell, M., Larrigaudière, C., 1999. Harvest date affects the antioxidative systems in pear fruits. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74, 791-795.
- Looney, N. E., 1972. Interaction of harvest maturity cold storage and two growth regulators ripening Bartlett pears. *Journal of the American Society and Horticultural Science* 97, 81-83.
- Luckwill, L. C., 1954. Parthenocarpy and fruit development in relation to plant regulators. *Plant regulators in Agriculture*. H. B. Editor.
- Magness, J. R., Diehl, H. C., Allen, F. W., 1929. Investigations on the handling of Bartlett pears from pacific Coast districts. *USDA Technical Bulletin* 140, 28.
- Mahajan, B. V. C., Dhatt, A. S., 2004. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behaviour and quality of Asian pear during cold storage. *Journal of Food, Agricultural and Environment* 2, 157-159.
- Makus, D. J., Morris, J. R., 1998. Preharvest calcium application have little effect on mineral distribution in ripe strawberry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 33, 64-66.
- Marangoni, B., 1998. Nuove prospettive della fertilizzazione del Frutteto. *Rivista di Frutticoltura* nº 4. Edagricole. Bologna, Italia.
- Mason, J. L., 1979. Increasing calcium content of calcium-sensitive tissues. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 10, 349-371.

- Mathew, A. G., Parpia, H. A. B., 1971. Food browning as a polyphenol reaction. *Advances in Food Research* 19, 75-145.
- Mayer, A. M., 1987. Polyphenoloxidase in plants – recent progress. *Phytochemistry* 26, 11-20.
- Meier, U., Graf, H., Hack, H., Mess, M., Kennel, W., Klose, R., Mappes, D., Seipp, D., Stauss, R., Streif, J., Van Den Boom, T., 1994. Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.) des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.).
- Millard, P., Neilsen, D., Tagliavini, M., 1997. Il Ruolo delle sostanze azotate di riserva negli alberi da frutto.
- Mitcham, E. J., Mitchell, F. G., 2002. Postharvest handling systems: pome fruits, In: Kader, A. A. (Ed). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, University of California Agriculture and Natural Resources, Oakland. 333-344.
- Nicolas, J. J., Richard-Forget, F. C., Goupy, P. M., Amiot, M., Aubert, S., 1994. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Crit. Rev. Food Science and Nutrition* 34, 109-157
- Oland, K., 1959. Nitrogenous reserves of apple trees. *Physiologia Plantarum* 12, 594-648.
- Pasquariello, M. S., Rega, P., Migliozi, T., Capuano, L. R., Scortichini, M., Petriccione, M., 2013. Effect of cold storage and shelf life on physiological and quality traits of early ripening pear cultivars, *Scientia Horticulturae* 162, 341-350.
- PDAR – Programa de desenvolvimento agrário de Caldas da Rainha. 1992.
- Peppelenbos, H. W., van 't Leven, J., 1996. Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 7, 27-40.
- Pinto, E., Lentheric, I., Vendrell, M., Larrigaudière, C., 2001. Role of fermentative and antioxidant metabolisms in the induction of core browning in controlled-atmosphere stored pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 364-370.
- Poovaliah, B. W., Glenn, G. M., Reddy, A. S. N., 1988. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. *Horticultural Reviews* 10, 107-152.
- Quartieri, M., Marangoni, B., 1997. La concimazione azotata tardiva degliu alberi da frutti. *Rivista di Frutticoltura* nº2. Edagricole. Bologne, Italia. 2.

- Quelhas dos Santos, J., 2015. Fertilização – Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos. Porto, Portugal. Publindústria, Edições Técnicas. 537.
- Richardson, D. G., Kupferman, E., 1997. Controlled atmosphere storage of pears. Postharvest horticulture Series No. 16, University of California. CA'97 Proceedings, 2, 31-35
- Richardson, D.G., Meheriuk, M. 1989. CA recommendations for pears including Asian pears. Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington, USA, 14–16 June, 1989, Vol. 2. 285-302.
- Roelofs, F. P. M. M., de Jager, A., 1997. Reduction of brownheart in Conference pears. In: CA '97 Proceedings of the Controlled Atmosphere Research Conference on Apples and Pears, Vol. 2. University of California, Davis, USA, July 1997. 138-144.
- Saftner, R. A., Conway, W. S., Sams, C. E., 1997. Effect of some polyamine biosynthesis inhibitors and calcium chloride on *in vitro* growth and decay development in apples caused by *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. Journal of the American Society for Horticultural Science 122, 380-385.
- Saftner, R. A., Conway, W. S., Sams, C. E., 1998. Effect of postharvest calcium chloride treatments on tissue water relations, cell wall calcium levels and postharvest life of 'Golden Delicious' apples. Journal of the American Society for Horticultural Science 123, 893-897.
- Saftner, R. A., Conway, W. S., Sams, C. E., 1999. Postharvest calcium infiltration alone and combined with surface coating treatments influence volatile levels, respiration, ethylene production, and internal atmospheres of 'Golden Delicious' apples. Journal of the American Society for Horticultural Science 124, 553-558.
- Salvador, A., 2015. Influência do local de produção de pera 'Rocha', armazenada em atmosfera controlada, na incidência de desordens de escurecimento interno e na aptidão para consumo em fresco e processado. Dissertação para grau de mestre em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos. 78. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Sams, C. E., Conway, W. S., Abbot, J. A., Lewis, R. J., Ben-Shalom, N., 1993. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. Journal of the American Society for Horticultural Science 118, 623-627.
- Sanchez, E. E., Righetti, T. L., 1990. Tree Nitrogen Status and Leaf Canopy Position Influence Postharvest Nitrogen Accumulation and Efflux from Pear Leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science 115(6), 934-937.

- Saquet, A. A., Almeida, D., 2017. Ripening physiology and biochemistry of 'Rocha' pear as affected by ethylene inhibition. *Postharvest Biology and Technology* 125, 161-167.
- Saquet, A. A., Streif, J., Bangerth, F., 2003. Energy metabolism and membrane lipid alterations in relation to brown heart development in Conference pears during delayed controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology* 30, 123-132.
- Sedgley, M., Griffin, A. R., 1989. *Sexual Reproduction of Tree Crops*. Academic Press. Londres, Reino Unido.
- Shear, C. B., 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 10, 361-365.
- Shipway, M. R., Bramlage, W. J., 1973. Effects of carbon dioxide on activity of apple mitochondria. *Plant Physiology* 51, 1095-1098.
- Silva, L. A. G. T., 1998. Polinização e Partenocarpia na Pereira cv. 'Rocha' Algumas observações e ensaios de campo. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agronómica, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Simon, E. W., 1978. Symptoms of calcium deficiency in plant. *New Phytologist* 80, 1-15.
- Soares, J., 2001. Capítulo III – Estudo da implantação de um pomar. *O Livro da Pera Rocha – Volume Primeiro*. Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha (eds), Cadaval. 61-81.
- Soares, J., Silva, A., Alexandre, J., 2001. Capítulo I – A Pera Rocha. *O Livro da Pera Rocha – Volume Primeiro*. Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha (eds), Cadaval. 27-44.
- Soares, J., Silva, A., Marques, H., 2003. Capítulo IV – Nutrição da pereira rocha. *O Livro da Pera Rocha – Volume Segundo*. Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha (eds), Cadaval. 129-171.
- Sugar, D., Basile, S. R., 2013. Integrated ethylene and temperature conditioning for induction of ripening capacity in 'Anjou' and 'Comice' pears. *Postharvest Biology and Technology* 28, 295-302.
- Taylor, B. K. 1967. Storage and mobilization of nitrogen in fruit trees: A review. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 33, 23-29.
- Titus, J. S., Kang S., 1982. Nitrogen metabolism, translocation, and recycling in apple trees. *Horticultural Reviews* 4, 204-246.
- Vasconcellos, J. C., 1969. *Noções sobre a morfologia externa das plantas superiores*. Ministério da Economia, Direção Geral dos Serviços Agrícolas. 3ª Edição. Lisboa, Portugal.

- Veltman, R. H., Sanders, M. G., Persijn, S. T., Peppelenbos, H. W., Oosterhaven, J., 1999. Decreased ascorbic acid levels and brown core development in pears (*Pyrus communis* cv, Communis). *Physiologia Plantarum* 107, 39-45.
- Veltman, R. H., Kho, R. M., van Schaik, A. C. R., Sanders, M. G., Oosterhaven, J., 2000. Ascorbic acid and tissue browning in pears (*Pyrus communis* L. cvs Rocha and Conference) under controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19, 129-137.
- Verlinden, B. E., de Jager, A., Lammertyn, J., Schotsmans, W., Nicolai, B. M., 2002. Effect of harvest and delayed controlled atmosphere storage conditions on core breakdown incidence in Conference pears. *Biosystems Engineering* 83, 339-347.
- Wang, C. Y., Wang, P. C., 1989. Nondestructive detection of core breakdown in 'Bartlett' pears with nuclear magnetic resonance imaging. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 24, 106-109.
- Westwood, M. N., 1978. Temperature-zone pomology. W. S. Freeman & Co. EUA.
- Xuan, H., Streif, J., Pfeffer, H., Dannel, F., Romheld, V., Bangerth, F., 2001. Effect of pre-harvest boron application on the incidence of CA-storage related disorders in Conference pears. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76, 133-137.
- Zerbini, P. E., Grassi, M., Cubeddu, R., Pifferi, A., Torricelli, A., 2002b. Non-destructive detection of brown heart in pears by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 25, 87-97.
- Zerbini, P. E., Rozzolo, A., Brambilla, A., Grassi, M., 2002a. Loss of ascorbic acid during storage of Conference pears in relation to the appearance of Brown heart. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 1-7.

ANEXO A

(Condições ideais de conservação de várias variedades de pera (*Pyrus communis* L.) segundo vários autores)

Tabela A. 1 – Condições de conservação ideias e desordens e acidentes fisiológicos identificados após o respetivo tempo de conservação para algumas variedades comerciais de pera (*Pyrus communis*).

Cultivar	Temperatura (°C)	% O ₂	% CO ₂	Tempo de Armazenamento (meses)	Desordens e Acidentes	Referência
Abate Fetel	-1 a 0	1	4-5	5-6	IB	Richardson & Kupfeman, 1997
	-	-	-	Recomenda-se		Coltura&Cultura, 2007
Alexandrina	-1 a 0	3	2	4-5	IB	Richardson & Kupfeman, 1997
Anjou	-1 a 0	1-2,5	0-0,5	7-8	IB, PBC, Cav	Richardson & Kupfeman, 1997
Bartlett	-1 a 0	1-2	0-0,5	3-5	CF, PBC	Richardson & Kupfeman, 1997
Comice	-1 a 0	1,5-4	0,5-4	5-6	IB (sobramadurecimento)	Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	2-3	4	5-6		Coltura&Cultura, 2007
	-1 a 0	1,2-1,5 ¹	0,8 ¹	5-6		Coltura&Cultura, 2007
Conference	-1 a 0	1-2,5	0,6-1,5	6-8	BH, IB, Cav	Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	4	2	7-8		Coltura&Cultura, 2007
	-1 a 0	2 ¹	0,8 ¹	7-8		Coltura&Cultura, 2007
Decana D'Inverno	-1 a 0	2-3	5	8-9		Coltura&Cultura, 2007
	0	3	5	-		Richardson & Meheriuk, 1989
General Leclerc	-1 a 0	2,3	2-3	3-5		Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	2-3	5	6-8		Coltura&Cultura, 2007
Kaiser	-1 a 0	1-2,5	0,5-1,5	4-8	PBC, Cav	Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	2-3	3-4	6-7		Coltura&Cultura, 2007
	-1 a 0	1,7 ¹	0,8 ¹	6-7		Coltura&Cultura, 2007
Packham's Triumph	-1 a 0	1,5-1,8	1,5-2,5	7-9	CB	Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	2-3	5	7-8		Coltura&Cultura, 2007
Passe Crassane	-1 a 0	3	4-5	5-8	IB	Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	2-3	5	8-9		Coltura&Cultura, 2007
Rocha	-1 a 0	2	2	8		Richardson & Kupfeman, 1997
Williams	-1 a 0	1-2	0-0,5	3-5	CF, PBC	Richardson & Kupfeman, 1997
	-1 a 0	2-3	5	4-5		Coltura&Cultura, 2007
¹ Colheita Tardia						
Legenda: IB - Internal Breakdown/Browning; BH - Brown Heart; PBH - Pithy Brown Heart; CF - Core Flush; Cav - Cavity; CI - Chilling Injury						

ANEXO B

(Valores de referência macro e micronutrientes adequados em folhas de pereira 'Rocha')

Tabela B.1 - Valores de referência de macro e micronutrientes adequados em folhas de pereira 'Rocha', colhidas no terço médio dos lançamentos do ano, na época usual de colheita.

Parâmetro	Unidade	Valores de Referência Laboratório ¹		Valores de Referência ²
		Limite Inferior	Limite Superior	
Macronutrientes				
N	g.100g ⁻¹ MS	2,00	2,60	1,96 - 2,60
P	g.100g ⁻¹ MS	0,14	0,18	0,14 - 0,18
K	g.100g ⁻¹ MS	0,90	1,60	0,90 - 1,60
Ca	g.100g ⁻¹ MS	1,25	2,10	1,25 - 2,10
Mg	g.100g ⁻¹ MS	0,23	0,50	0,20 - 0,50
S	g.100g ⁻¹ MS	0,18	0,20	0,20 - 0,30
Micronutrientes				
Cu	mg.kg ⁻¹ MS	5,00	20,00	10,00 – 20,00
Fe	mg.kg ⁻¹ MS	40,00	250,00	> 45,00
Mn	mg.kg ⁻¹ MS	20,00	200,00	25,00 – 200,00
Zn	mg.kg ⁻¹ MS	15,00	50,00	25,00 – 100,00
Outros Micronutrientes				
B	mg.kg ⁻¹ MS	20,00	30,00	25,00 – 50,00
Mo	mg.kg ⁻¹ MS	-	-	-
Na	g.100g ⁻¹ MS	-	-	-

¹ Valores de referência segundo o Manual de Fertilização das Culturas (LQARS, 2006);
² Valores de referência segundo as Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomóideas, volume II (DGADR, 2012).

Tabela B.2 - Comparação dos valores obtidos pelas análises foliares com aos valores referenciados para a cultura da pereira 'Rocha'.

Código		Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7 e Pomar 8	Valores de Referência ¹		Valores de Referência ²
Data		17/ago	17/ago	17/ago	17/ago	03/ago	03/ago	03/ago	Limite Inferior	Limite Superior	
Macronutrientes (g por 100 g ⁻¹ MS)	N	2,32	2,12	2,32	2,43	2,24	2,27	2,40	2,00	2,60	1,96 - 2,60
	P	0,03	0,04	0,03	0,03	0,18	0,17	0,16	0,14	0,18	0,14 - 0,18
	K	0,89	1,10	0,89	0,97	1,03	1,07	0,85	0,90	1,60	0,90 - 1,60
	Ca	2,01	2,00	2,01	1,52	1,30	1,57	1,98	1,25	2,10	1,25 - 2,10
	Mg	0,79	0,80	0,79	0,46	0,39	0,32	0,28	0,23	0,50	0,20 - 0,50
Micronutrientes principais (mg kg ⁻¹ MS)	Cu	63,00	51,00	63,00	52,00	9,33	9,06	8,93	5,00	20,00	10 - 20
	Fe	34,00	55,00	34,00	36,00	79,61	108,29	86,48	40,00	250,00	> 45
	Mn	168,00	226,00	168,00	188,00	75,25	77,12	156,85	20,00	200,00	25 - 200
	Zn	33,00	25,00	33,00	29,00	24,93	30,94	29,11	15,00	50,00	25 - 100
Outros micronutrientes	B (mg kg ⁻¹ MS)	18,00	22,00	18,00	27,00	38,86	20,54	30,71	20,00	30,00	25 - 50
	S (g por 100 g ⁻¹ MS)	0,07	0,08	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,18	0,20	0,20 - 0,30
	Na (g por 100 g ⁻¹ MS)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	Mo (mg kg ⁻¹ MS)	7,91	6,84	7,91	0,47	1,08	0,72	1,52	-	-	-
Legenda: Azul → abaixo do limite inferior de referência ¹ ; Verde → entre os valores limites de referência ¹ ; Vermelho → acima do limite superior de referência ¹											
¹ Valores de referência segundo o Manual de Fertilização das Culturas (LQARS, 2006);											
² Valores de referência segundo as Normas Técnicas para a Produção Integrada de Pomóideas, volume II (DGADR, 2012).											

ANEXO C

(Valores máximos recomendáveis (VMR) e admissíveis (VMA) de alguns parâmetros analisados na água de rega (Decreto-Lei 238/1998 de 1 de agosto))

Tabela C.1 – Valores máximos recomendáveis (VMR) e admissíveis (VMA) de alguns parâmetros analisados na água de rega (Decreto-Lei 238/1998 de 1 de agosto).

Parâmetro	Unidades	VMR	VMA
Condutividade elétrica	mS cm ⁻¹ (25°C)	1	
pH		6,5 – 8,4	4,5 – 9,0
Sólidos em suspensão	mg L ⁻¹	60	
Aniões			
Cl ⁻	mg L ⁻¹	70	
SO ₄ ²⁻	mg L ⁻¹	575	
CO ₃ ²⁻	mg L ⁻¹		
CO ₃ H ⁻	mg L ⁻¹		
NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	50	
Fósforo	mg L ⁻¹		
Catiões			
Ca ²⁺	mg L ⁻¹		
Mg ²⁺	mg L ⁻¹		
Na ⁺	mg L ⁻¹		
K ⁺	mg L ⁻¹		
NH ₄ ⁺	mg L ⁻¹		
Microelementos			
B	mg L ⁻¹	0,3	3,75
Fe	mg L ⁻¹	5	
Mn	mg L ⁻¹	0,2	10
Índices secundários			
Razão da absorção de sódio		8	
SAR ajustado			
Carbonato de sódio residual	meq L ⁻¹		
Dureza	mg L ⁻¹ CaCO ₃		
Índice de saturação			
Coeficiente alcalimétrico			
Relação Ca/Mg			
Relação Ca/Na			
Riscos de obstruções			
pH		6,5 – 8,4	4,5 – 9,0
STD	g L ⁻¹	640	
Ferro	mg L ⁻¹	5	
Manganês	mg L ⁻¹	0,2	10

ANEXO D

(Resultados discriminados da contagem e avaliação da severidade das amostras de fruta dos pomares)

Tabela D.1 - Distribuição de valores (%) de incidência de acidentes fisiológicos por tipo e por pomar.

Código	Conservação:	Core browning	Cavidades brancas	Cavidades com necroses	Flesh browning	Escaldão superficial	Senescent breakdown	Sem desordens	Total de fruta analisada
Pomar 1	ACD	19,0%	3,6%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	75,0%	84
Pomar 2	A N	11,8%	0,0%	0,0%	10,8%	72,0%	0,0%	5,4%	93
Pomar 3	ACD	7,0%	0,9%	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	86,8%	114
Pomar 4	ACD	1,4%	2,7%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	94,5%	146
Pomar 5	ACD	38,9%	8,0%	28,3%	7,1%	0,0%	0,0%	17,7%	113
Pomar 6	AC + SF	38,3%	1,9%	26,2%	3,7%	0,0%	7,5%	22,4%	107
Pomar 7	ACD	17,6%	3,7%	6,5%	4,6%	0,0%	0,0%	67,6%	108
Pomar 8	AC + SF	24,0%	6,0%	9,0%	0,0%	0,0%	0,0%	61,0%	100

Tabela D.2 - Distribuição índices de severidade de acidentes fisiológicos por tipo e por pomar.

Índice	Código	Pomar 1	Pomar 2	Pomar 3	Pomar 4	Pomar 5	Pomar 6	Pomar 7	Pomar 8
	Tipo de Conservação	ACD	A N	ACD	ACD	ACD	AC + SF	ACD	AC + SF
	Core browning	0,46	0,24	0,22	0,01	1,21	0,91	0,47	0,81
	Cavidades brancas	0,07	0,00	0,01	0,10	0,24	0,05	0,09	0,18
	Cavidades com necroses	0,08	0,00	0,14	0,00	0,64	0,96	0,15	0,31
	Flesh browning	0,00	0,12	0,00	0,01	0,12	0,07	0,08	0,00
	Escaldão superficial	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Senescent breakdown	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00

Tabela D.3 - Contagem final de frutos por amostra de pomar, consoante o tipo e a severidade de acidentes fisiológicos por tipo e por pomar, sendo “0” ausência do tipo de acidente fisiológico, e “4” mais de 50% do fruto afetado pelo respetivo acidente fisiológico (Tabela 15 para acastanhamentos internos e Tabela 16 para escaldão superficial da epiderme).

Código	Core browning				Cavidades brancas				Cavidades com necroses				Flesh browning				Escaldão superficial				Senescent breakdown				S/ Lesões	Total Fruta Analisada
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Pomar 1	5	3	4	4	2	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	84
Pomar 2	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	25	16	13	13	0	0	0	0	5	93
Pomar 3	0	2	3	3	1	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	114
Pomar 4	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	146
Pomar 5	5	6	12	21	0	3	3	3	10	9	8	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	113
Pomar 6	18	5	3	15	0	1	1	0	0	3	3	22	3	0	0	1	0	0	0	0	3	0	3	2	24	107
Pomar 7	6	2	3	8	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	73	108
Pomar 8	1	3	6	14	2	0	0	4	0	2	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	100

ANEXO E

(Comparação dos resultados mineralógicos, entre amostras sãs e lesadas, para cada pomar amostrado)

Tabela E. 1 - Contributo percentual da fertilização, das disponibilidades de nutrientes no solo e na água de rega no balanço de entrada de nutrientes, em cada pomar.

Código:		Distribuição percentual dos nutrientes								
		N	P	K	Mg	Ca	B	Zn	Cu	Fe
Pomar 1	Fertilização	64,0%	8,3%	8,9%	1,2%	0,2%	18,9%	0,3%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	91,7%	88,2%	75,4%	95,6%	79,3%	99,7%	100,0%	100,0%
	Rega	36,0%	0,0%	2,9%	23,3%	4,3%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%
Pomar 2	Fertilização	64,5%	7,1%	12,6%	1,5%	0,2%	22,4%	0,2%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	92,9%	86,5%	82,3%	92,5%	75,5%	99,8%	100,0%	100,0%
	Rega	35,5%	0,0%	0,8%	16,2%	7,3%	2,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Pomar 3	Fertilização	64,0%	8,3%	8,9%	1,2%	0,2%	18,9%	0,3%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	91,7%	88,2%	75,4%	95,6%	79,3%	99,7%	100,0%	99,9%
	Rega	36,0%	0,0%	2,9%	23,3%	4,3%	1,8%	0,0%	0,0%	0,1%
Pomar 4	Fertilização	62,5%	6,0%	4,8%	0,7%	0,1%	18,6%	0,2%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	94,0%	94,5%	86,3%	99,7%	78,0%	99,8%	100,0%	100,0%
	Rega	37,5%	0,0%	0,7%	13,0%	0,2%	3,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Pomar 5	Fertilização	49,1%	23,1%	10,9%	3,3%	0,0%	24,8%	0,0%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	76,9%	89,1%	86,2%	99,0%	71,0%	100,0%	100,0%	97,9%
	Rega	50,9%	0,0%	0,0%	10,6%	1,0%	4,2%	0,0%	0,0%	2,1%
Pomar 6	Fertilização	61,3%	25,0%	8,9%	2,4%	0,0%	22,3%	0,0%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	75,0%	91,1%	91,7%	99,3%	74,6%	100,0%	100,0%	99,9%
	Rega	38,7%	0,0%	0,0%	5,9%	0,7%	3,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Pomar 7	Fertilização	70,2%	28,4%	15,0%	2,2%	0,0%	24,6%	0,0%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	71,6%	85,0%	82,8%	95,0%	70,3%	100,0%	100,0%	97,8%
	Rega	29,8%	0,0%	0,0%	15,0%	5,0%	5,0%	0,0%	0,0%	2,2%
Pomar 8	Fertilização	70,2%	28,4%	15,0%	2,2%	0,0%	24,6%	0,0%	0,0%	0,0%
	Solo	0,0%	71,6%	85,0%	82,8%	95,0%	70,3%	100,0%	100,0%	97,8%
	Rega	29,8%	0,0%	0,0%	15,0%	5,0%	5,0%	0,0%	0,0%	2,2%

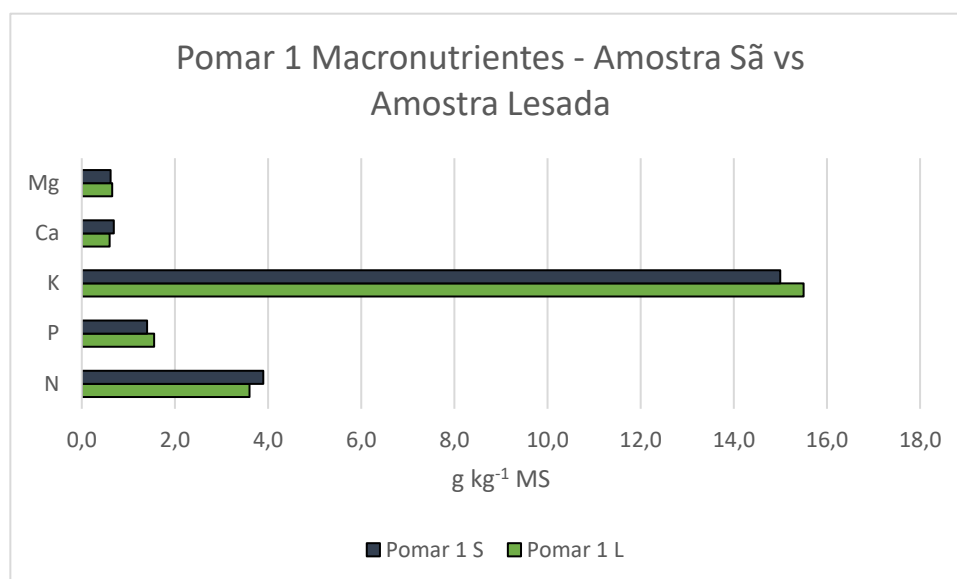


Figura E. 1 - Concentração de macronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 1.

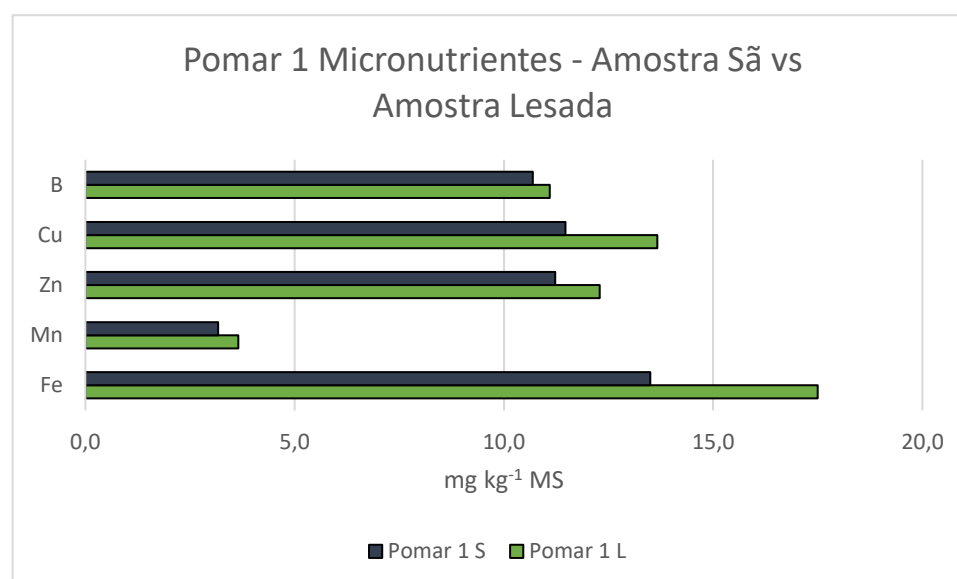


Figura E. 2 - Concentração de micronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 1.

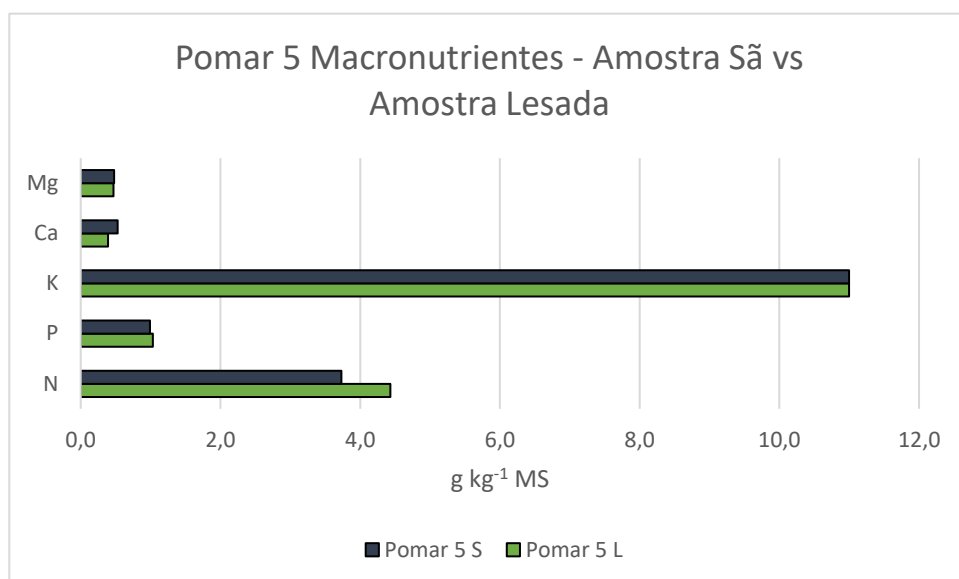


Figura E. 3 - Concentração de macronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 5.

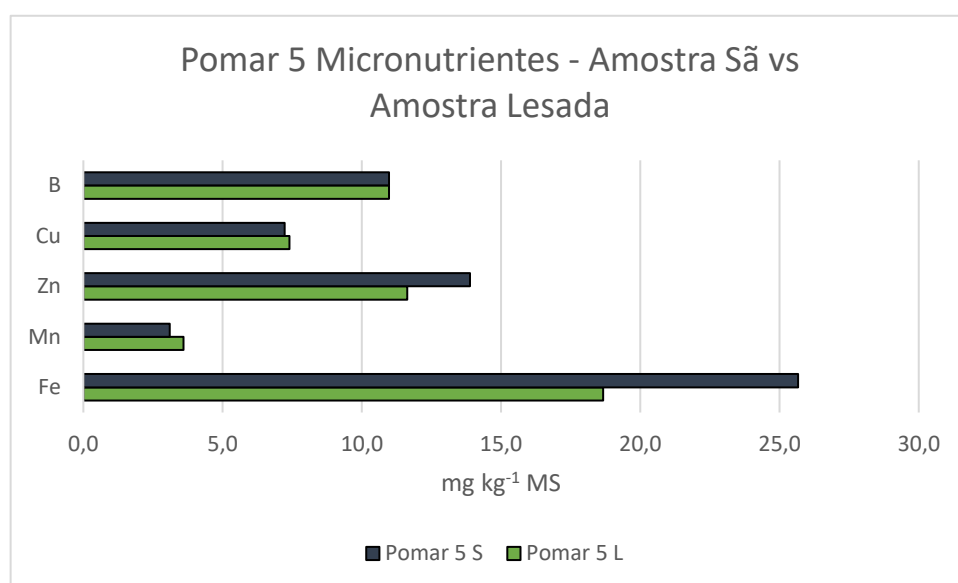


Figura E. 4 - Concentração de micronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 5.

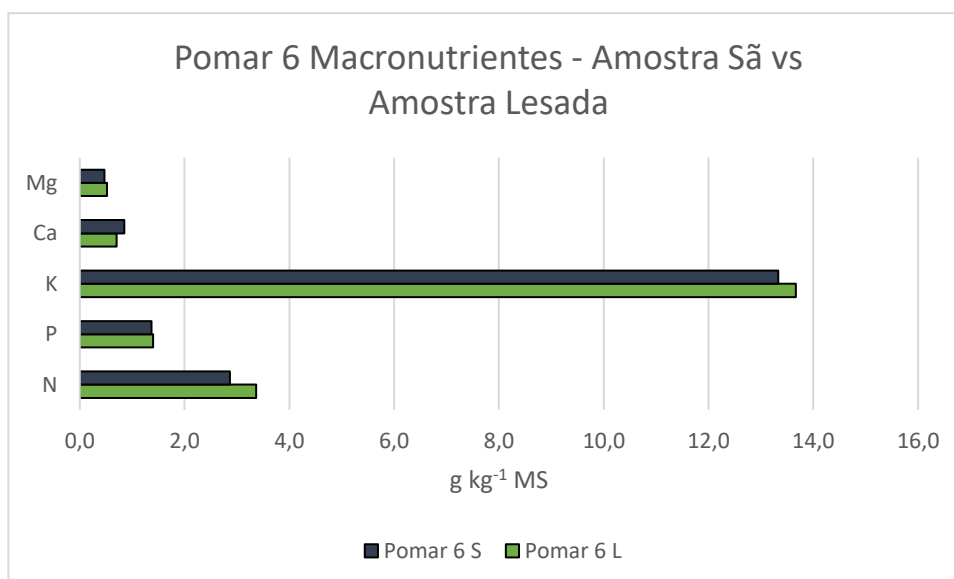


Figura E. 5 – Concentração de macronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 6.

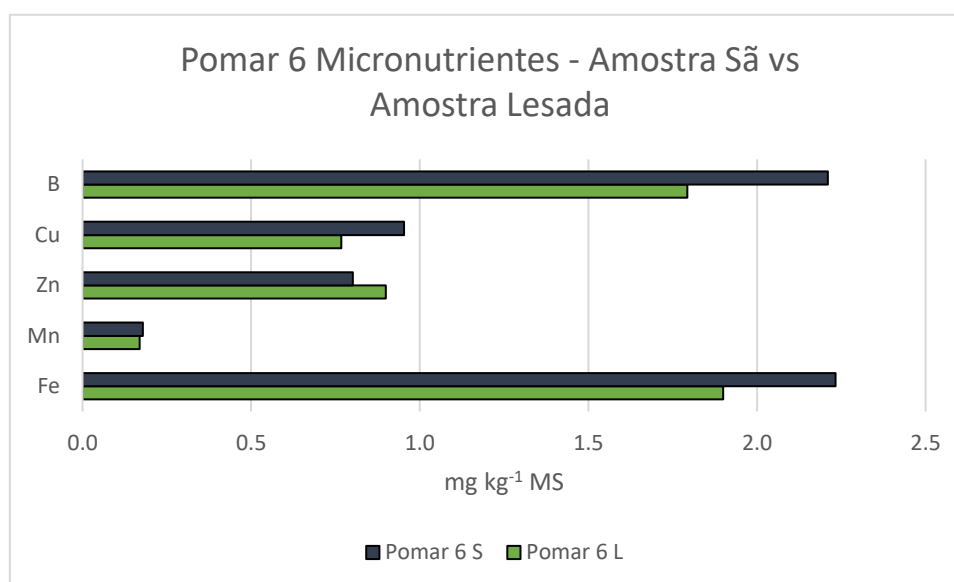


Figura E. 6 - Concentração de micronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 6.

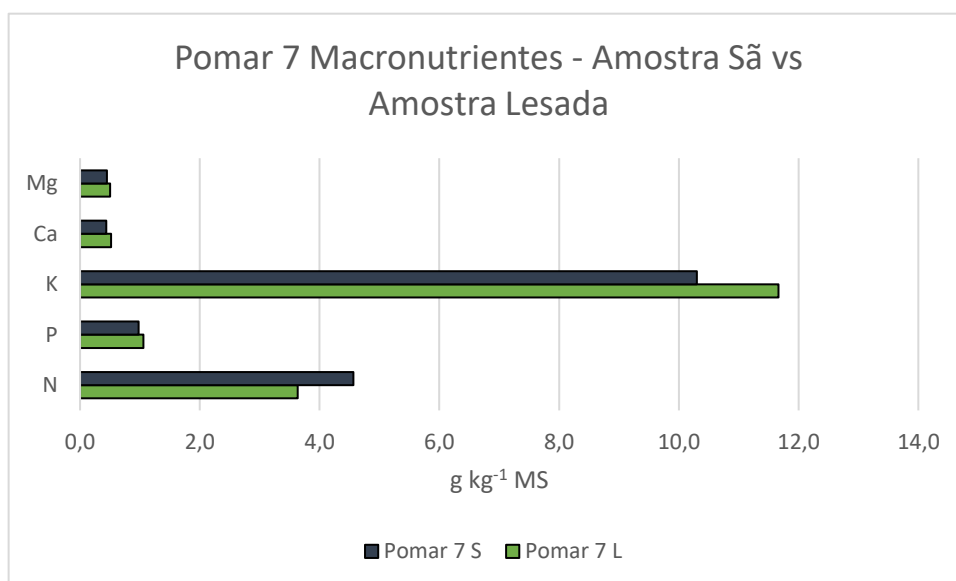


Figura E. 7 - Concentração de macronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 7.

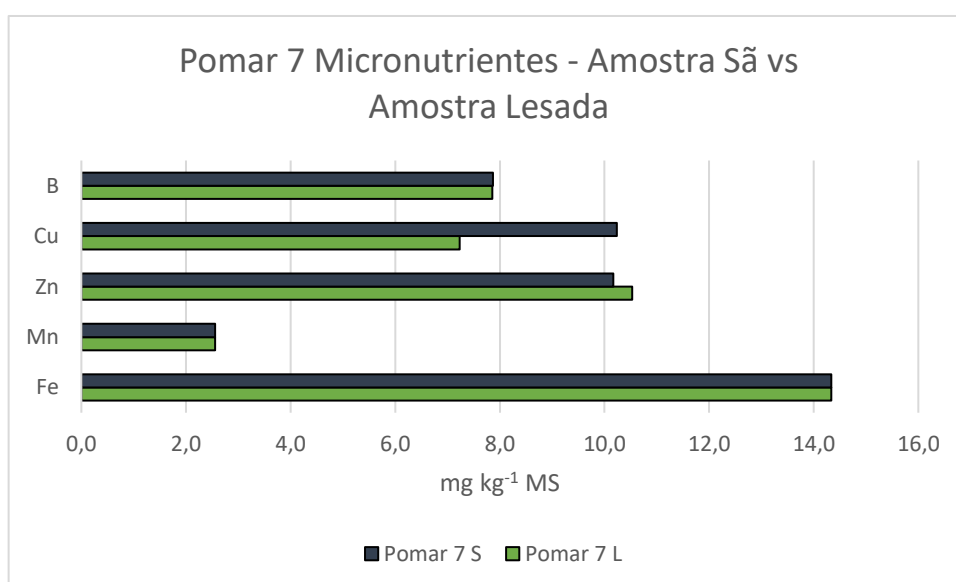


Figura E. 8 - Concentração de micronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 7.

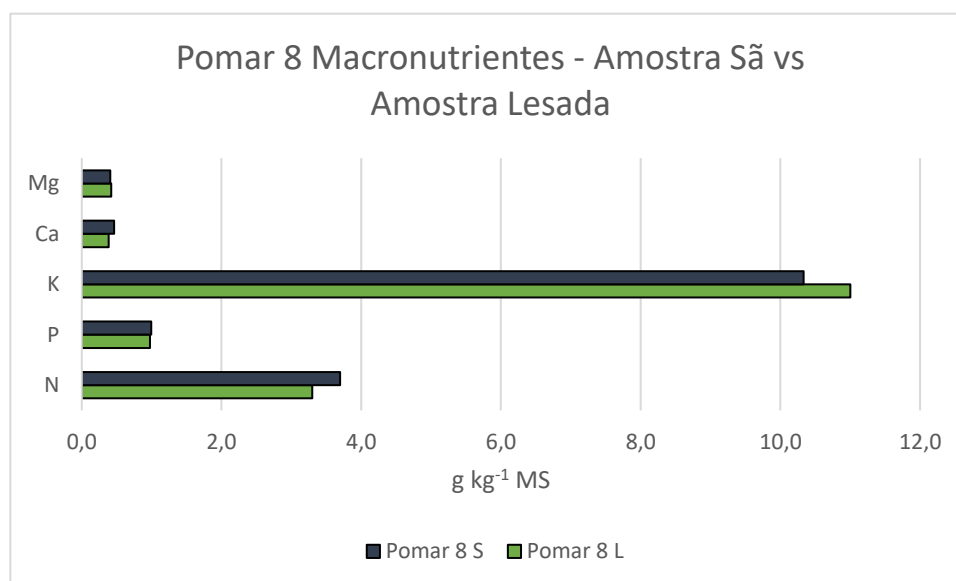


Figura E. 9 - Concentração de macronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 8.

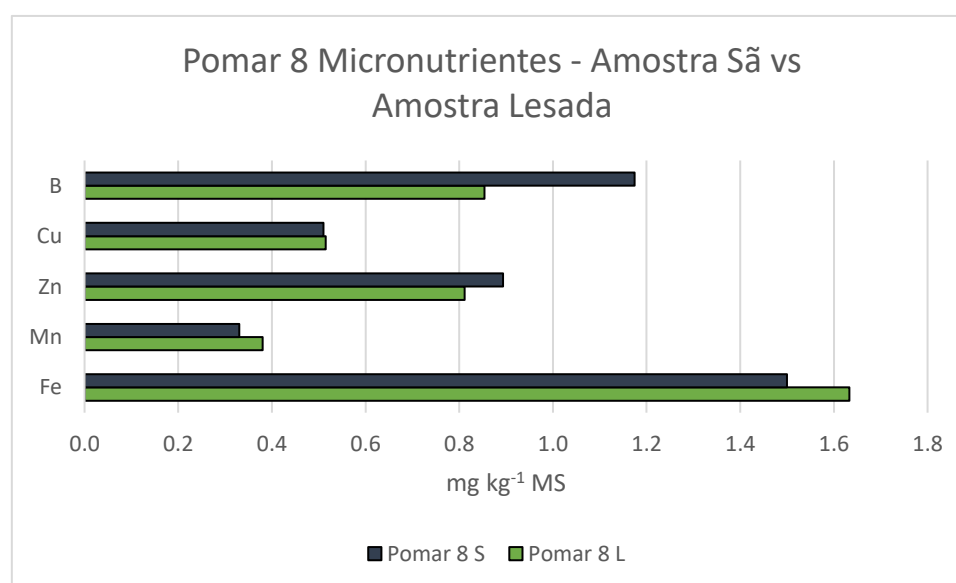


Figura E. 10 - Concentração de micronutrientes nas amostras sãs e lesadas do pomar 8.